

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Jéssica Puhl Croda

**RESTAURAÇÃO DE TERRA E DE GENTE: ALIMENTO-ÁGUA-  
ENERGIA E OS QUINTAIS AGROFLORESTAIS NOS  
ASSENTAMENTOS DA REFORMA AGRÁRIA NO PAMPA**

Santa Maria, RS  
2023

Jéssica Puhl Croda

RESTAURAÇÃO DE TERRA E DE GENTE: ALIMENTO-ÁGUA-ENERGIA E OS  
QUINTAIS AGROFLORESTAIS NOS ASSENTAMENTOS DA REFORMA AGRÁRIA  
NO PAMPA



Santa Maria, RS, Brasil  
2023

Jéssica Puhl Croda

**RESTAURAÇÃO DE TERRA E DE GENTE: ALIMENTO-ÁGUA-ENERGIA E OS  
QUINTAIS AGROFLORESTAIS NOS ASSENTAMENTOS DA REFORMA  
AGRÁRIA NO PAMPA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Engenharia Florestal**.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Ana Paula Moreira Rovedder

Santa Maria, RS, Brasil  
2023

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Finance Code 001

CRODA, JÉSSICA PUHL  
RESTAURAÇÃO DE TERRA E DE GENTE: ALIMENTO-ÁGUA  
ENERGIA E OS QUINTAIS AGROFLORESTAIS NOS ASSENTAMENTOS  
DA REFORMA AGRÁRIA NO PAMPA / JÉSSICA PUHL CRODA.- 2023.  
120 p.; 30 cm

Orientadora: ANA PAULA MOREIRA ROVEDDER  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2023

1. Sistemas Agroflorestais 2. Assentamentos da  
Reforma Agrária 3. Bioma Pampa 4. Segurança Alimentar,  
Hídrica e Energética 5. Programa Conexus Bioma Pampa I.  
ROVEDDER, ANA PAULA MOREIRA II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, JÉSSICA PUHL CRODA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**Jéssica Puhl Croda**

**RESTAURAÇÃO DE TERRA E DE GENTE: ALIMENTO-ÁGUA-ENERGIA E OS  
QUINTAIS AGROFLORESTAIS NOS ASSENTAMENTOS DA REFORMA  
AGRÁRIA NO PAMPA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Engenharia Florestal**.

Aprovada em 31 de março de 2023:

---

**Ana Paula Moreira Rovedder, Dra.**  
(Presidente/Orientadora – por videoconferência)

---

**Bruna Balestrin Piaia, Dra. (B&A Ambiental)**  
(por videoconferência)

---

**Gabriela Schmitz Gomes, Dra. (Sítio Surucuá Educação Agroflorestal)**  
(por videoconferência)

---

**Pedro Selvino Neumann, Dr. (UFSM)**  
(por videoconferência)

---

**Ricardo Bergamo Schenato, Dr. (UFSM)**  
(por videoconferência)

Santa Maria, RS  
2023

**Dedico**

À todas as famílias Sem Terra,

À todas as famílias acampadas e assentadas da Reforma Agrária,

À todas as famílias que lutam pela terra, símbolos de resistência e resiliência,

À cada família Sem Terra que me acolheu e construiu essa pesquisa junto comigo.

Ao Movimento dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais Sem Terra - MST, por mudar a  
minha vida!

*Dedico, com todo o meu amor e gratidão.*

## AGRADECIMENTOS

Ao plano espiritual, força divina que esteve presente em todos os momentos, GRATIDÃO.

À minha família querida pelo apoio de sempre, pela força necessária para lutar pelos meus sonhos e por acreditarem em mim. GRATIDÃO mãe Maria Cleunice Puhl Croda, pai José Roberto Azevedo Croda (Zé), irmã Jaqueline Puhl Croda (Jaque), irmão Jeferson Puhl Croda (Maninho) e, não podia faltar, os pestinhas da tia, que trouxeram leveza e muita alegria durante as pausas mais que necessárias, Matheus Croda da Silva (Matheuszinho), Guilherme Croda da Cruz (Gui), Bernardo Croda (Bê) e José Croda (nosso Josezinho). Sou muito grata por ter vocês na minha vida.

As amizades que iluminam o meu caminho, GRATIDÃO. Agradeço imensamente por todo apoio, confiança, por todas as conversas profundas, por todas as ligações e chamadas de vídeo, por compreenderem a minha ausência e se alegrarem com a minha presença. Agradeço especialmente ao Djoney Procknow, por ser a luz mais brilhante e um ser tão abençoado que nos protege e compartilha o teu brilho conosco, por ser um irmão para a vida toda. Gratidão por esses onze anos de amizade e cumplicidade, juntos desde o primeiro dia de graduação, construímos nossa trajetória acadêmica e de vida juntos. A essa pessoinha tão linda e maravilhosa que desde o mestrado está presente na minha vida, gratidão Betina Camargo, por ser uma amiga, parceira, companheira, sempre disposta a ajudar; a Bruna Balestrin Piaia, pela amizade e carinho durante a minha caminhada e a Denise Gazzana, por ser afeto e sempre cuidar de nós, gratidão por tudo amigas.

As amigas, amigos e amiges que Santa Maria, RS, me trouxe, em especial, a Jaqueline Dreyer, Marcela Kamphorst, Guilherme Fockink, Maurício Stangarlin e o Jhonitan Matiello pelos momentos compartilhados e o apoio indispensável, GRATIDÃO. E, não poderia faltar os amiges de infância de Novo Barreiro, RS, sempre vibrando minhas conquistas mesmo de longe, gratidão Andressa Frohlich, Augusto Picolo, Kalindi Rossetto, Giordana Picolo, Alessandra Carneiro, Joe Carneiro, Murilo Andriolli e a Fernanda Zeni.

À minha orientadora, Profª Dra Ana Paula Moreira Rovedder, por ser inspiração, uma grande referência profissional e de mulher cientista, sinônimo de força e empoderamento, à minha GRATIDÃO. Sou muito grata por todo o apoio que sempre me destes, juntas desde o mestrado, sempre me incentivou a seguir os meus sonhos, mesmo isso significando mudar de estado mais uma vez (risos). Sem a tua confiança, amizade e apoio, nada disso seria possível.

Ao Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (NEPRADE/UFSM), grupo que tenho tanto orgulho e carinho de fazer parte, a minha GRATIDÃO. Sou grata pelas experiências e conhecimentos compartilhados que muito enriqueceram a minha caminhada.

Ao Programa Conexus Bioma Pampa, o que seria de mim sem vocês? Foram muitos aprendizados, muitas risadas, muitos campos, cansaço, mas com muito sorriso no rosto por acreditar na importância do nosso trabalho. GRATIDÃO equipe, vocês foram essenciais em cada momento. Meu carinho especial para a Camila Tavares Paim e o Pedro Nunes, bolsistas exemplares sempre dispostos a contribuir, ao Matheus Degrandi Gazzola, Gabrielle Pereira (Gabizinha) e Gabriele Faverzani pelo comprometimento e responsabilidade. Gratidão também aos agregados do Conexus pelo auxílio: ao Pedro Seeger, pois nunca trituramos tanto solo, a Lais Miron pela disponibilidade em contribuir com as amostras laboratoriais, ao José Carlos pois sem você as coletas de nitrogênio e carbono não seriam possíveis, a Maureen Stefanello por ser a nossa guria da física do solo e ao professor Ricardo Bergamo Schenato pelo auxílio e paciência nas análises estatísticas, minha GRATIDÃO.

As companheiras e companheiros da Emater-Ascar/RS dos escritórios de Piratini e Júlio de Castilhos, em especial, a Luciana Pranke, Cinara Alves e o Anderson Denardin, pela disponibilidade e contribuição na presente pesquisa, GRATIDÃO pela confiança.

Ao Movimento dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais Sem Terra – MST, por transformar a minha vida e me tornar uma militante, pesquisadora e técnica, por toda a força e resistência, fazendo reacender o meu compromisso com o povo e a floresta. Em especial, a todas as famílias assentadas da reforma agrária que tive o prazer de conhecer e realizar a pesquisa de doutoramento, GRATIDÃO.

Á minha mais nova família construída pelo MST/MG: a Lais da Silva, pela amizade e companheirismo de sempre, és uma amiga muito querida e importante na minha vida; Camila da Silva Iunes, por ser calma, por sempre me incentivar e ouvir; ao Gabriel Brigueti, por ser nosso Sem Terrinha; ao Viktor Marques, pela compreensão e preocupação de sempre; ao José Maria Tardin, pela sabedoria e experiência no MST e ao Everton Abib, que se tornou um grande amigo, gratidão pela cumplicidade e apoio em todas as horas. Agradeço por acreditarem no meu potencial, pela empatia, amizade e apoio, pois conciliar o período final do doutorado com o trabalho não foi nada fácil, mas com certeza, foi menos difícil com vocês ao meu lado, GRATIDÃO. As famílias assentadas e acampadas da reforma agrária da região metropolitana de Minas Gerais, por serem inspiração, força, coragem e, principalmente, por me mostrarem que estou no caminho certo e do lado certo da história, minha GRATIDÃO.



À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF), pelos ensinamentos compartilhados, GRATIDÃO.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de apoio financeiro, possibilitando o desenvolvimento desta pesquisa, GRATIDÃO.

Aos membros da banca, gratidão pela disponibilidade e carinho. Tenho uma admiração muito especial pelo trabalho de cada uma e cada um de vocês e me sinto muito grata de poder contar com as suas contribuições para enriquecer ainda mais o trabalho.

*“Eu sozinha ando bem, mas com vocês ando muito melhor!”*

*“Um sonho sonhado junto, é realidade!”*

*“MST, a luta é pra valer!”*

*MINHA GRATIDÃO!*

**“Aqui cabe de tudo,  
Porque é feita  
Com o coração.**

**É cultivada com  
Alegria, amor  
Para trazer união.**

**Parente do poeta que  
Tira de onde não tem  
E bota aonde não cabe.**

**Agrofloresta é sonhar,  
É conjunto de saberes  
E de viveres  
Para podermos semear”.**

*(Mariana Vitória, Sem Terrinha  
do acampamento Zequinha Nunes, MST/MG, 2023).*

## RESUMO

### RESTAURAÇÃO DE TERRA E DE GENTE: ALIMENTO-ÁGUA-ENERGIA E OS QUINTAIS AGROFLORESTAIS NOS ASSENTAMENTOS DA REFORMA AGRÁRIA NO PAMPA

AUTORA: Jéssica Puhl Croda

ORIENTADORA: Ana Paula Moreira Rovedder

Para enfrentar a vulnerabilidade social, ecológica e produtiva no bioma Pampa, é importante unir produção e conservação ambiental para melhorar a qualidade de vida das famílias assentadas. O objetivo geral do presente estudo é analisar com a abordagem Nexus alimento-água-energia, a realidade das famílias assentadas da reforma agrária no bioma Pampa, contempladas pelo Projeto Quintais Sustentáveis e avaliar o potencial dos quintais agroflorestais em melhorar a qualidade do solo. A presente tese está estruturada em forma de capítulos. No capítulo 1, foram avaliadas as principais potencialidades e limitações nos assentamentos no Pampa quanto a segurança alimentar, hídrica e energética. O estudo abrangeu as 1755 famílias contempladas pelo Projeto Quintais Sustentáveis e a partir do banco de dados do SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da ATEs), foram selecionados 27 indicadores. Na segurança alimentar, quatro indicadores estiveram presentes em mais de 70% das famílias: criação de aves, produção de grãos, criação de suínos e bovinos para produção de leite. A produção familiar se concentra na criação animal, evidenciada pela correlação entre a criação de aves e a criação de suínos. Nos cultivos agrícolas, se destacou a produção de grãos (78%) e policultivos (37%). Os indicadores de segurança hídrica estiveram presentes em menos de 40% e a maior correlação se estabeleceu entre a presença de rios/riachos e nascentes. Na segurança energética, a maior representação se estabeleceu entre a presença de eletrificação e tipo monofásico em mais de 98%. O objetivo do capítulo 2, é avaliar a qualidade do solo sob diferentes quintais agroflorestais nos assentamentos nos municípios de Júlio de Castilhos (área A) e Piratini (área B). Os atributos físicos e químicos mostraram diferenças entre as áreas amostradas. As áreas de quintais agroflorestais e lavouras se distinguiram da mata mais intensamente quanto aos atributos físicos relacionados a porosidade do solo, quando considerado o uso do solo de forma geral. Em áreas semelhantes, as variáveis físicas e químicas foram sensíveis ao uso e manejo do solo, considerando o histórico de cada gleba. Os resultados gerados nesta tese, demonstram que as famílias assentadas apresentam um nível intermediário de segurança alimentar, hídrica e energética, evidenciando a necessidade de pesquisas e fomento às políticas públicas para melhorar a qualidade de vida das famílias. Além disso, os quintais agroflorestais promoveram melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo a curto prazo, devido às práticas de manejo conservacionistas realizadas pela maioria das famílias, sendo recomendável a realização de estudos e monitoramento a longo prazo.

**Palavras-chaves:** Indicadores Nexus. Qualidade do solo. Sistemas Agroflorestais.

## ABSTRACT

### **RESTORATION OF LAND AND PEOPLE: FOOD-WATER-ENERGY AND AGROFORESTRY BACKYARDS IN THE AGRARIAN REFORM SETTLEMENTS IN THE PAMPA**

AUTHOR: Jéssica Puhl Croda

ADVISOR: Ana Paula Moreira Rovedder

To face the social, ecological and productive vulnerability in the Pampa biome, it is important to unite production and environmental conservation to improve the quality of life of settled families. The general objective of the present study is to analyze, using the Nexus food-water-energy approach, the reality of the settled families of the agrarian reform in the Pampa biome, covered by the Sustainable Backyards Project, and to evaluate the potential of agroforestry backyards in improving soil quality. This thesis is structured in the form of chapters. In chapter 1, the main strengths and limitations of settlements in the Pampa were evaluated in terms of food, water and energy security. The study covered the 1755 families contemplated by the Sustainable Backyards Project and from the SIGRA database (Integrated Rural Management System of ATEs), 27 indicators were selected. In terms of food security, four indicators were present in more than 70% of the families: raising poultry, grain production, raising pigs and cattle for milk production. Family production focuses on animal husbandry, as evidenced by the correlation between poultry and pig farming. In agricultural crops, grain production (78%) and polycultures (37%) stood out. Water security indicators were present in less than 40% and the highest correlation was established between the presence of rivers/streams and springs. In energy security, the highest representation was established between the presence of electrification and single-phase type in more than 98%. The objective of chapter 2 is to evaluate soil quality under different agroforestry backyards in settlements in the municipalities of Júlio de Castilhos (area A) and Piratini (area B). The physical and chemical attributes showed differences between the sampled areas. The areas of agroforestry backyards and crops differed more intensely from the forest in terms of physical attributes related to soil porosity, when considering soil use in general. In similar areas, the physical and chemical variables were sensitive to soil use and management, considering the history of each piece of land. The results generated in this thesis demonstrate that settled families have an intermediate level of food, water and energy security, highlighting the need for research and promotion of public policies to improve the quality of life of families. In addition, the agroforestry backyards promoted improvements in the physical and chemical properties of the soil in the short term, due to the conservationist management practices carried out by the majority of the families, being recommended the accomplishment of studies and monitoring in the long term.

**Keywords:** Nexus Indicators. Soil quality. Agroforestry Systems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição geográfica dos 40 municípios nas seis regiões fisiográficas no bioma Pampa, sul do Brasil. ....	35
Figura 2 - Frequência de ocorrência dos indicadores de segurança alimentar, hídrica e energética extraídos do banco de dados do SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da Assessoria Técnica, Social e Ambiental), para os assentamentos da reforma agrária no Pampa.....	41
Figura 3 - Correlação de Spearman entre os indicadores de segurança alimentar, hídrica e energética extraídos do banco de dados do SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da Assessoria Técnica, Social e Ambiental), para os assentamentos da reforma agrária no Pampa.....	43
Figura 4 - Gráfico de radar para a representatividade dos indicadores de segurança alimentar para as famílias do Projeto Quintais Sustentáveis nas regiões fisiográficas do bioma Pampa, sul do Brasil. ....	44
Figura 5 - Gráfico de radar para a representatividade dos indicadores de segurança hídrica para as famílias do Projeto Quintais Sustentáveis nas regiões fisiográficas do bioma Pampa, sul do Brasil. ....	45
Figura 6 - Gráfico de radar para a representatividade dos indicadores de segurança energética para as famílias do Projeto Quintais Sustentáveis nas regiões fisiográficas do bioma Pampa, sul do Brasil. ....	45
Figura 7 - Localização dos municípios de Júlio de Castilhos e Piratini, bioma Pampa, Sul do Brasil. ....	63
Figura 8 - Representação da metodologia de amostragem das áreas utilizada nos assentamentos da reforma agrária, bioma Pampa, Sul do Brasil. ....	64
Figura 9 - Análise de Componentes Principais com os atributos físicos e químicos analisados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária, bioma Pampa, Sul do Brasil.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores de segurança alimentar, hídrica e energética selecionados do banco de dados do SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da Assessoria Técnica, Social e Ambiental), para os assentamentos da reforma agrária no bioma Pampa, sul do Brasil.....	39
Tabela 2 - Caracterização do histórico de uso pretérito do solo e manejos realizados nos quintais agroflorestais, lavouras e matas nativas analisadas nos assentamentos da reforma agrária nos municípios de Júlio de Castilhos e Piratini, Sul do Brasil, bioma Pampa. ....	64
Tabela 3 - Atributos físicos e químicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Júlio de Castilhos, bioma Pampa, Sul do Brasil.....	70
Tabela 4 - Atributos físicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa sob diferentes manejos nos assentamentos da reforma agrária no município de Júlio de Castilhos, bioma Pampa, Sul do Brasil. ....	72
Tabela 5 - Atributos químicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Júlio de Castilhos, bioma Pampa, Sul do Brasil. ....	74
Tabela 6 - Atributos físicos e químicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Piratini, bioma Pampa, Sul do Brasil. ....	75
Tabela 7 - Atributos físicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Piratini, bioma Pampa, Sul do Brasil.....	77
Tabela 8 - Atributos químicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Piratini, bioma Pampa, Sul do Brasil. ....	79

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Áreas de estudo, regiões fisiográficas, municípios, número de família e número de assentamentos no alcance do estudo no Pampa, sul do Brasil.....	36
--	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
3.1	BIOMA PAMPA .....	20
3.2	O SUJEITO DA REFORMA AGRÁRIA: OCUPAR, RESISTIR E PRODUZIR .....	22
3.3	SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA AGRICULTURA FAMILIAR.....	24
3.3.1	Quintais agroflorestais .....	26
3.4	PROGRAMA CONEXUS BIOMA PAMPA .....	28
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO 1 - ALIMENTO-ÁGUA-ENERGIA: UM ESTUDO DE CASO NOS ASSENTAMENTOS DA REFORMA AGRÁRIA NO PAMPA.....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>CAPÍTULO 2 - QUINTAIS AGROFLORESTAIS MELHORAM A QUALIDADE DO SOLO NOS ASSENTAMENTOS DA REFORMA AGRÁRIA NO PAMPA..</b>	<b>60</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>97</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
	<b>APÊNDICE A – DOCUMENTOS SUPLEMENTAR DO CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>106</b>
	<b>APÊNDICE B - DOCUMENTO SUPLEMENTAR DO CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>110</b>
	<b>APÊNDICE C - MEMORIAL FOTOGRÁFICO DOS QUINTAIS AGROFLORESTAIS. ....</b>	<b>118</b>
	<b>ANEXO A - CARTILHA ÁGUA, ALIMENTO E ENERGIA - PRÁTICAS TESTADAS PELO PROGRAMA CONEXUS BIOMA PAMPA.....</b>	<b>120</b>



## 1 INTRODUÇÃO

“Lutar pela terra, lutar pelas plantas, lutar pela agricultura, porque se não vivermos dentro da agricultura, vamos acabar. Não tem vida que continue sem terra, sem agricultura” (PRIMAVESI, 2014).

O mundo vem enfrentando uma crise ambiental sem precedentes e a degradação dos recursos naturais ocasionada pelas formas de uso do solo praticadas ao longo dos últimos séculos, agravaram ainda mais a vulnerabilidade social (MICCOLIS et al., 2016). Uma grande barreira para o desenvolvimento em muitos países, é a fome extrema e a desnutrição, consequência direta da degradação ambiental (UNDP, 2021). A perda da biodiversidade, redução da quantidade e qualidade de água disponível, aumento da temperatura, mudanças no regime de chuvas, diminuição da produtividade agrícola, erosão do solo e até desertificação de extensas áreas são problemas oriundos da degradação (MICCOLIS et al., 2016). Além disso, o acesso a alimentos nutritivos e suficientes durante todo o ano, envolve a promoção de uma agricultura sustentável, apoiando a agricultura familiar e a igualdade de acesso à terra, tecnologia e mercados (UNDP, 2021).

O Brasil é signatário de importantes acordos mundiais nas agendas da biodiversidade, mudanças climáticas e redução da pobreza (SANTOS, 2022). Para concretizar as metas, é fundamental conciliar produção econômica e conservação ambiental, o que pode ser planejado a partir da abordagem Nexus, aliando segurança hídrica, energética e alimentar, uma vez que entre os principais gargalos para o desenvolvimento das seguranças estão a pobreza rural e a supressão de áreas naturais (ROVEDDER et al., 2021). Além disso, seis em cada dez brasileiros convivem com a insegurança alimentar e nutricional e, no contexto da agricultura familiar, 38% estão em situação de insegurança moderada ou grave (REDE PENSSAN, 2022).

Participando da segunda chamada Nexus no Brasil, por intermédio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), tendo como público-alvo as famílias em situação de vulnerabilidade social e extrema pobreza, surge o Programa Conexus Bioma Pampa, trazendo para dentro da pesquisa Nexus as famílias assentadas da reforma agrária no Pampa (SANTOS, 2022). No Rio Grande do Sul foram efetivados oito projetos Nexus, sendo sete no bioma Pampa e, entre eles, está o Programa Conexus (ROVEDDER et al., 2021).

O Programa Conexus foi desenvolvido pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (NEPRADE) e pelo Núcleo de Estudos em Agricultura Familiar (NESAF) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e representou a conexão

entre a abordagem Nexus e o Projeto Quintais Sustentáveis (ROVEDDER et al., 2021). O Projeto Quintais Sustentáveis foi desenvolvido através do Programa de Assessoria Técnica, Social e Ambiental para famílias assentadas (ATES), uma cooperação entre o departamento de Extensão Rural e Educação do Campo da UFSM, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e demais instituições, efetivada de 2012 a 2016 (SANTOS, 2022).

A estratégia agregadora da segurança alimentar, hídrica e energética é o quintal agroflorestal, caracterizado como arranjo produtivo reconhecido internacionalmente pelo seu potencial junto à setores sociais menos favorecidos e comunidades tradicionais (SANTOS, 2022). Os quintais agroflorestais se apresentam como um caminho que pode impactar positivamente na realidade das famílias assentadas no Pampa, cuidando dos solos e das águas, desempenhando papel fundamental na manutenção dos serviços ecossistêmicos, além das funções socioambientais importantes como a soberania e segurança alimentar e nutricional, geração de renda e aumento da qualidade de vida (MICCOLIS et al., 2016).

O documento de tese de doutorado apresenta inicialmente os objetivos e, posteriormente, uma revisão bibliográfica dos principais temas relacionados ao trabalho. Na sequência, é apresentado dois capítulos na forma de artigos científicos. O primeiro capítulo analisa o contexto socioeconômico das famílias assentadas da reforma agrária no Pampa, assistidas pelo Projeto Quintais Sustentáveis utilizando indicadores da abordagem Nexus para identificar as principais potencialidades e limitações quanto à segurança alimentar, hídrica e energética, o qual pretende-se submeter para publicação na revista científica *Confins* (Paris). O segundo capítulo avalia a qualidade do solo sob diferentes quintais agroflorestais nos assentamentos da reforma agrária em duas regiões fisiográficas do bioma Pampa, Sul do Brasil, o qual será submetido na revista científica *Geoderma Regional*. E, por último, é apresentado as considerações finais com aspectos relevantes do trabalho de tese de doutorado.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar com a abordagem Nexus alimento-água-energia, a realidade das famílias assentadas da reforma agrária no bioma Pampa assistidas pelo Projeto Quintais Sustentáveis, quanto à segurança alimentar, hídrica e energética e avaliar o potencial dos quintais agroflorestais em melhorar a qualidade física e química do solo.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as principais potencialidades e limitações ambientais e socioeconômicas das famílias assentadas assistidas pelo Projeto Quintais Sustentáveis;
- Analisar a qualidade do solo com diferentes usos e manejos;
- Avaliar os quintais agroflorestais quanto as melhorias a curto prazo no solo.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 BIOMA PAMPA

O nome Pampa é proveniente de uma palavra de origem quéchua, língua dominante dos incas, mas falada até hoje por povos tradicionais dos países andinos e significa predomínio de amplas áreas planas (planuras) em planícies, mas também em terrenos mais ou menos ondulados, formados por coxilhas (denominação regional para pequenas e suaves elevações) ou mesmo englobando morros de diferentes origens geológicas (BRACK, 2021, p.188).

O Pampa, menor bioma brasileiro e restrito ao Rio Grande do Sul, ocupa 68,8% da área estadual e 2,3% do território nacional (PALLARÉS et al., 2005; IBGE, 2019). No entanto, suas fisionomias se estendem ao sul e oeste da República Oriental do Uruguai e províncias argentinas de Corrientes, Entre Rios, Santa Fé, Córdoba, Buenos Aires e La Pampa (OVERBECK et al., 2015). O clima do Pampa é temperado a subtropical, com médias anuais que variam entre 15°C e 19°C, com chuvas regularmente distribuídas, totalizando entre 1.200 e 1.350mm ao longo de todo o ano e os solos, em geral, são férteis, sendo tradicionalmente ocupados pela pecuária em grandes extensões (BRACK, 2021).

As fitofisionomias mais expressivas do Pampa se dividem em formações florestais, campestres e savanóides (“vassourais” e formações parque) onde se registra elevado grau de endemismo e diversidade (BOLDRINI, 2009; ROVEDDER, 2014; GUARINO et al., 2018). Os campos são predominantes, entretanto, também ocorrem formações florestais (MARCHIORI, 2004; VÉLEZ et al., 2009), influenciadas por características geomorfológicas e climáticas, além das relacionadas ao manejo e ocupação do solo (PILLAR; QUADROS, 1997; BAUERMANN et al., 2008).

A vegetação campestre possui grande diversidade florística, com cerca de 2.200 espécies, sendo muitas dessas espécies endêmicas e/ou ameaçadas de extinção (BOLDRINI et al., 2015). O pastejo pelo gado é um dos principais fatores que determinam a composição e estrutura da vegetação nas fisionomias campestres do Pampa (PILLAR; QUADROS, 1997; OVERBECK, 2015).

As principais formações florestais identificadas no bioma são: florestas ribeirinhas (matas ciliares e galerias), florestas sazonais (semidecíduais e decíduas), floresta ombrófila (floresta de araucária), florestas de restinga (arenosa e pantanosa) e florestas de savana (palmeiras e espinhal), restritas as regiões geomorfológicas da Encosta do Sudeste e da Depressão Central, presentes de forma contínua na paisagem do bioma (RAMBO, 1956; KLEIN, 1984; RIZZINI, 1997; LEITE, 2002; IBGE, 2012). As formações florestais do Pampa

são, portanto, caracterizadas pela sua simplicidade estrutural, muito diferente quando comparadas com as florestas tropicais (KILCA et al., 2015).

O Pampa é um dos biomas mais desprotegidos do país, apesar de sua elevada sociobiodiversidade, ainda pouco conhecida da maioria dos brasileiros, tendo em vista que os campos nativos, vegetação original característica deste bioma, abriga riqueza de flora, fauna e culturas humanas em situação de risco crescente pelo avanço do agronegócio (BRACK, 2021). Apesar de sua importância, o Pampa enfrenta obstáculos para preservar sua identidade, uma vez que entre os principais gargalos estão a supressão de áreas naturais, degradação do solo, arenização, redução de conectividade e serviços ambientais, extinção de espécies e ausência de planejamento territorial (HASENACK, 2006; FERREIRA; FILIPPI, 2010; PROJETO MAPBIOMAS, 2020). Outro problema é a invasão biológica, que ocorre principalmente pelas condições climáticas e pela estrutura fragmentada da paisagem (GUIDO et al., 2016).

As áreas de vegetação natural do bioma têm sido ameaçadas pela introdução e expansão de monoculturas, pastagens com espécies exóticas (AMARAL et al., 2016), espécies florestais exóticas (ECHER et al., 2015) e pecuária acima da capacidade de lotação (MARCHI et al., 2018). A sua biodiversidade vem sendo substituída principalmente por culturas anuais, como soja e arroz, ou perenes, como eucalipto, acácia-negra e pinus, elevando os níveis de alerta quanto à conservação do Pampa (OLIVEIRA et al., 2017).

Estimativas revelaram que ao longo dos anos houve a diminuição da vegetação nativa do bioma, uma vez que em 2002 restavam 41,32% e em 2008 apenas 36% (IBAMA, 2011). Cerca de 26% dos campos naturais foram perdidos ao longo de um período de 30 anos e a perda é agravada pela proteção de apenas 2,7% do Pampa dentro de áreas legalmente designadas Unidades de Conservação (ICMBIO, 2021). Além disso, um total de 2.426 hectares foram desmatados em 2021 no bioma Pampa, com aumento de 92% em relação ao ano anterior, correspondendo a 59,3% de área desmatada em formação campestre, 39,8% sobre formação florestal e 1% nas demais formações (PROJETO MAPBIOMAS, 2021).

Nesse sentido, se evidencia cada vez mais a necessidade de efetivação de medidas voltadas à manutenção dos ecossistemas Pampeanos, com ampliação de pesquisas no campo da restauração ambiental e produtiva, tendo em vista a crescente ameaça a sociobiodiversidade do Pampa (BRACK, 2021). Diante disso, é fundamental garantir a inclusão social e o empoderamento das comunidades locais, para a conservação dos recursos naturais e a recuperação de ecossistemas degradados (CAPORAL et al., 2006).

Povos indígenas, comunidades quilombolas, pescadoras e pescadores artesanais, povos de matriz africana/povo de terreiro, povo cigano, povo pomerano, benzedeiros e benzedoras, pecuaristas familiares e assentados da reforma agrária, historicamente invisibilizados, devem ter direito a uma vida digna e com felicidade, integrados às paisagens e às diferentes culturas do bioma Pampa (BRACK, 2021, p.192).

### 3.2 O SUJEITO DA REFORMA AGRÁRIA: OCUPAR, RESISTIR E PRODUZIR

O Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra – MST, fundado em 1984, é considerado um dos movimentos camponeses mais importantes no mundo (WOLFORD, 2003; FERNANDES, 2009). Nasceu como muitas ocupações de terras, ao final de uma longa noite escura, a partir de conflitos fundiários com ocupações de terra que aconteceram no Sul do país e que permitiram a retomada da luta pela terra e pela reforma agrária no Brasil (MST, 2015).

A expulsão de 1.800 famílias de colonos da Reserva Indígena Nonoai, por índios Kaingang, no mês de maio de 1978, representou o início do processo de luta pela terra no RS. A essas famílias de colonos que o governo do estado havia concedido a permissão de ocupar a referida área indígena, a cerca de 15 anos na condição de rendeiros do Serviço de Proteção ao Índio (SPI), só restaram três alternativas: “1) migrar para os projetos de colonização da Amazônia; 2) tornar-se assalariados de empresas agropecuárias ou de indústrias, migrando para as cidades; 3) lutar pela terra no Estado do Rio Grande do Sul” (FERNANDES, 2000, p. 51).

O MST é resultado do processo histórico de resistência do campesinato brasileiro (FERNANDES, 2000). O MST foi fundado como um Movimento social autônomo e pacífico, de caráter político e sindical, que se organiza a partir da luta pela terra, pela reforma agrária e pelas transformações sociais necessárias para o nosso país (MST, 2015). Ao longo de mais de três décadas de resistência ao poder econômico e político do latifúndio, o MST conseguiu a conquista de terra para mais de 450 mil famílias assentadas em todo o país, além das mais de 400 associações e cooperativas, e quase 100 agroindústrias, que trabalham de forma coletiva para produzir alimentos sem transgênicos e agrotóxicos (MST, 2022).

Completar 30 anos e se tornar o mais antigo movimento camponês já existente na História do Brasil, organizado em 24 estados, tem esses significados. É reafirmar os valores de solidariedade; é reafirmar o compromisso com uma sociedade mais justa e igualitária; é manter aceso o legado de milhares de lutadores e lutadoras do povo; é exercer cotidianamente a capacidade de se indignar e agir para transformar; é não perder o valor do estudo e aprender sempre. E, fundamentalmente, é reafirmar nosso compromisso em organizar os pobres do campo (MST, 2015, p.6).

A compreensão da questão agrária enquanto questão social ou a compreensão das implicações sociais da questão agrária, depende de que se compreenda o sujeito social que a vivência, das ações e da mentalidade dos protagonistas da luta pela reforma agrária e da

concretização da reforma agrária (MARTINS, 2009). No processo de luta pela terra e do surgimento do MST, os acampamentos foram uma das primeiras formas organizativas encontradas para dar visibilidade à luta dos Sem Terra, se tornando a porta de entrada na organização política (GASPARIN et al., 2021). “O acampamento é o lugar do encontro dos despossuídos da terra: trabalhadores rurais, atingidos por barragens, boias-frias, arrendatários, meeiros, pequenos proprietários, parceiros, desempregados”, enfim, famílias que estavam desprovidas do seu direito de produzir alimentos (GASPARIN et al., 2021, p.24).

Simplificadamente, poderíamos afirmar que os assentamentos são o resultado dos processos de lutas dos acampamentos, das ocupações de terras, das jornadas de lutas, das mobilizações que geram pressões políticas para que se “atenda” a pauta dos Sem Terra. Conquistada a terra, iniciam-se outros processos de luta para garantir as condições dignas para se produzir no campo, sobretudo com uma infraestrutura produtiva adequada (GASPARIN et al., 2021, p. 27).

O assentamento representa o desfecho de um determinado processo político-social, onde o monopólio da terra e o conflito social localizado pela posse da terra são superados e, imediatamente, inicia-se a constituição de uma nova organização econômica, política, social e ambiental naquela área, com a posse da terra por uma heterogeneidade social de famílias de Trabalhadores rurais Sem Terra (CARVALHO, 1999). Nesse contexto, o assentamento é a expressão de que os trabalhadores do campo se organizaram, lutaram e conquistaram a terra (MARTINS, 2004).

As fazendas destinadas aos programas de reforma agrária, nas quais assentam-se as famílias, são produto da luta e da conquista social e, diante disso, o assentamento simboliza para a sociedade uma nova organização na área desapropriada, não mais controlada pelo latifundiário, mas por dezenas de famílias camponesas, onde o trabalho assalariado e sua exploração foram eliminados e, em seu lugar, coloca-se o trabalho familiar e o predomínio da produção diversificada (MARTINS, 2017).

Na década de 2000, o tema da função social da terra tornou-se central na organização dos assentamentos, após profunda análise da nova correlação de forças da luta de classes no campo, onde a classe dominante estabeleceu o agronegócio como expressão do modelo agrícola do capital financeiro (MST, 2014). Evidenciou-se então que, reproduzir nos assentamentos a lógica dominante da produção de *commodities* não faria sentido e desqualificaria a reforma agrária (SPCMA, 2014). Sendo assim, a função social da terra é recolocada e a produção de alimentos, a soberania alimentar e a agroecologia, tornaram-se temas centrais no diálogo do

Setor Nacional de Produção, Cooperação e Meio Ambiente do MST (SPCMA) (MARTINS, 2017).

Desde o IV Congresso Nacional, o MST vem assumindo explicitamente a agroecologia como diretriz, com o foco prioritário em garantir alimentos de qualidade para as famílias (FRADE; SAUER, 2017). A tese dos assentamentos como força política, centrada na produção de alimentos saudáveis, indica a capacidade do MST de interpretar uma formulação geral expressa pela Reforma Agrária Popular e desenvolver uma prática político organizativa ajustada à sua realidade, gerando organização, luta, consciência e modos de produção que afirmam uma nova postura ética-política, sendo essa a resistência camponesa das famílias assentadas no Rio Grande do Sul (MARTINS, 2017).

Diante disso, o MST ao longo dos seus 39 anos, vem construindo diversas experiências agroecológicas e agrofloretais pelo país, com destaque para o Assentamento Sepé Tiaraju, primeiro PDS (Projeto de Reforma Agrária de Desenvolvimento Sustentável) criado pelo Incra (NOBRE et al., 2012), o assentamento Mario Lago, ambos localizados na região de Ribeirão Preto, SP (ARAÚJO et al., 2018), a iniciativa consolidada de produção e comercialização de sementes crioulas nos assentamentos na região Sul do RS pela Bionatur Sementes Agroecológicas (INCRA, 2022) e a produção agroflorestral no Assentamento Contestado na Lapa, PR (SILVA, 2016) são grandes referências agrofloretais na luta pela reforma agrária aliada a conservação dos recursos naturais. Além dessas experiências, cabe enfatizar o Programa Nacional Plantar Árvores, Produzir Alimentos Saudáveis, com objetivo de plantar 100 milhões de árvores em 10 anos, uma vez que o MST visa garantir a soberania alimentar dos povos e o fortalecimento dos compromissos de: 1- Produzir alimentos saudáveis para atender as necessidades do povo brasileiro; 2- Cuidar dos bens comuns da natureza, como a água, o solo, os minérios, as florestas e a biodiversidade (SPCMA, 2021).

### 3.3 SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA AGRICULTURA FAMILIAR

Os sistemas agrofloretais (SAF) ou agroflorestas são formas de uso do solo que combinam a produção de culturas agrícolas com espécies florestais e/ou animais, simultaneamente ou em sequência, na mesma área (FRANCO, 2021). Caracterizam-se pela inclusão deliberada de árvores em sistemas de cultivo com arranjo espacial, que contribuem tanto para uma produção sustentável quanto para a conservação e valorização dos serviços ecossistêmicos fornecidos (BLASER et al., 2018).

O *World Agroforestry Centre* (ICRAF), sugere a seguinte definição para os SAF:



Sistemas baseados na dinâmica, na ecologia e na gestão dos recursos naturais que, por meio da integração de árvores na propriedade e na paisagem agrícola, diversificam e sustentam a produção com maiores benefícios sociais, econômicos e ambientais (MICCOLIS et al., 2016, p.22).

Há diferentes compreensões a respeito de sistemas agroflorestais ou agroflorestas, sendo que, há SAF elaborados como consórcios caracterizados como combinações de espécies, procurando aproveitar melhor o espaço e recursos (luz, água, nutrientes) e há SAF que buscam reproduzir a lógica de construção de uma floresta produtiva, baseados na sucessão ecológica (PENEIREIRO, 2007). Existem diversos tipos de agrofloresta, desde sistemas simplificados, com poucas espécies e baixa intensidade de manejo, até sistemas complexos, com alta biodiversidade e intensidade de manejo e, entre esses, vários tipos intermediários (MICCOLIS et al., 2016).

A agrofloresta abrange aspectos ambientais, socioculturais, econômicos e filosóficos, se tratando de uma nova relação com a natureza, onde as relações sociais igualitárias, a reforma agrária e a organização comunitária são tão importantes quanto os conhecimentos técnicos (PENEIREIRO, 2007). É uma forma antiga e tradicional de cultivo em muitas partes do mundo (KING, 1989) e se caracterizam como uma estratégia de produção associada à conservação ambiental, que gera renda para a agricultura familiar e possui maior facilidade a adaptação às mudanças climáticas, o que se configura como uma agricultura sustentável (PERUCHI, 2014).

Nesse contexto, os sistemas agroflorestais são recomendados como uma prática ecologicamente correta e estratégia efetiva de manejo do solo (OLIVEIRA; CARVALHÃES, 2016; FAO, 2017). Concomitante as mudanças implementadas na Lei de Proteção da vegetação nativa (Nº 12.651/2012), a importância dos SAF vem aumentando no Brasil (BRANCALION et al., 2016). Diante disso, representam uma alternativa muito interessante para a agricultura familiar camponesa por reunir vantagens econômicas e ambientais, através da utilização sustentada dos recursos naturais aliada a uma menor dependência de insumos externos, que resulta em uma maior segurança alimentar e econômica não apenas para os agricultores, mas também para os consumidores (FRANCO, 2021).

Os sistemas agroflorestais são estratégicos para a manutenção das funções ecossistêmicas dos ambientes, onde o ser humano pode acelerar o processo de restauração, cuidando do solo e da água através de introdução e manejo de espécies vegetais e animais, podendo obter benefícios diretos da vegetação natural, quando bem manejada, sem necessariamente gerar

degradação (MICCOLIS et al., 2016). Além disso, pode influenciar significativamente na qualidade de vida das famílias agricultoras (STEENBOCK et al., 2013).

Franco (2021) reforça que os sistemas agroflorestais são considerados não somente uma técnica silvicultural ou um enfoque de manejo dos recursos naturais, mas também uma prática agroecológica de conservação da biodiversidade, dos solos e das águas, possibilitando ganhos socioambientais e econômicos, que se contrapõem aos impactos advindos com as monoculturas.

Nesse contexto, se destacam os quintais, compreendidos como uma forma de sistema agroflorestal devido a presença de árvores entre seus componentes, que juntamente com a cobertura do solo e a diversidade presente, proporcionam melhorias na qualidade do solo aliada a produção de alimentos para a agricultura familiar (VIEIRA et al., 2018).

Solo com vida, com boa qualidade, dá autonomia aos agricultores, além de resiliência e produtividade a longo prazo. Portanto, o solo saudável é importante para os agricultores familiares, mas as famílias agricultoras também são importantes para os solos, porque a formação e manutenção de solos saudáveis exigem dedicação e trabalho - exatamente o que os camponeses e camponesas fazem (CARDOSO; MANCIO, 2021, p. 726).

### 3.3.1 Quintais Agroflorestais

Os quintais agroflorestais são observados frequentemente em pequenas propriedades rurais, situados próximos as residências e possuem o objetivo fundamental de contribuir para a soberania e segurança alimentar e nutricional, a saúde e bem-estar da família (MICCOLIS et al., 2016). Segundo esses autores, são sistemas altamente produtivos, caracterizados pela ampla diversidade de espécies, incluindo frutíferas, melíferas, hortaliças, medicinais e pequenos animais. O quintal agroflorestal é a área destinada ao cultivo e criação de um conjunto de espécies de usos múltiplos (ROVEDDER et al., 2021).

Segundo Lunz (2007) os quintais podem ser chamados de hortos caseiros ou pomares, que consistem na associação de espécies florestais, agrícolas, medicinais, ornamentais e animais, ao redor da residência, com o objetivo de fornecer várias formas de bens e serviços. Representam agroecossistemas universais encontrados em todas as partes do mundo, sendo um sistema basicamente agroflorestal, destinado ao aproveitamento de frutas, madeira, lenha e servem de maneira importante para dar sombra (MARIACA MENDEZ et al., 2010). Os quintais são muito antigos, desenvolvidos em diferentes regiões e realidades socioculturais, podem apresentar uma grande variedade de arquiteturas e nomenclaturas (CANUTO et al., 2014).

O quintal é a extensão de uma série de atividades não circunscritas ao corpo da casa, abarcando a horta, as árvores, o pomar, a criação, o plantio de subsistência e ainda as outras unidades materiais, se consolidando como uma unidade de produção e de reprodução familiar (ARRUDA, 2007). Por outro lado, Arruda (2007) destaca, que as características dos quintais agroflorestais estão muito associadas a aspectos importantes como a garantia da alimentação familiar, a integração com o espaço doméstico, a possibilidade da presença e do cuidado, a facilidade de processos de reciclagem, a ausência de contaminantes, a beleza cênica, entre outros. Pode-se considerar, por estas razões, que os quintais agroflorestais tendem a identificar-se bastante com o enfoque agroecológico (CANUTO et al., 2014).

Considerados conservadores da biodiversidade, devido às diversas formas de sistemas produtivos e da diversidade vegetal ali presente, os quintais são criados para suprir a necessidade de produção para subsistência, que faz com que no entorno de suas residências se encontre uma diversidade significativa de plantas destinadas ao consumo familiar e animais domésticos (GONÇALVES; LUCAS, 2017).

Os quintais agroflorestais constituem uma expressão particular de sistemas biodiversos, mantendo nuances próprias de sua íntima relação com a morada e com a reprodução social da família (CANUTO et al., 2014). Esses autores explicam que os sistemas biodiversos são sistemas ecologicamente complexos e economicamente viáveis, requerem conhecimentos mais avançados que os sistemas agrícolas simplificados, baseados no monocultivo e em pacotes tecnológicos homogêneos, hoje predominantes na agricultura brasileira e, nesse sentido, o estudo e desenvolvimento de sistemas biodiversos pressupõem o aprofundamento do conhecimento de seus princípios, do seu desenho, do seu funcionamento e consequente manejo.

Além disso, os quintais agroflorestais também podem ser vistos como uma estratégia sustentável de convivência com o Pampa, representando uma alternativa viável para a agricultura familiar como fonte de renda e subsistência, além de ser uma prática tradicional (SILVA et al., 2018). O excedente produzido pode ser comercializado ou trocado com outras famílias, fortalecendo as redes locais e a autonomia da comunidade, além de contribuir para a permanência das famílias no campo (ROVEDDER et al., 2021).

Os quintais agroflorestais utilizam um maior número de espécies e essa maior diversidade, também pode ser chamada de policultivos e variam de acordo com os interesses e costumes da família (ROVEDDER et al., 2021). Esses autores reforçam, que a área ocupada pelos quintais forma uma rede de cobertura do solo com diversidade de espécies animais e vegetais, que contribuem para a qualidade do solo, agindo na amenização da amplitude térmica, infiltração de água, reduzindo a formação de erosão, manutenção de controle de pragas e

doenças, aumentam as condições de enfrentamento de extremos climáticos, como estiagem prolongada e enchentes.

Nesse contexto, é importante destacar que o tipo de manejo e uso do solo adotado pela agricultura familiar, pode alterar de diferentes formas os atributos do solo, como densidade do solo e teor de matéria orgânica, ocasionando danos que impactam em sua qualidade, como o aumento da densidade e a perda da matéria orgânica (SILVA et al., 2015). Tais alterações podem desencadear processos de degradação do solo que refletem diretamente na dinâmica dos quintais agroflorestais, tendo em vista que afetam importantes fatores como fertilidade, estrutura e atividade biológica (CARNEIRO et al., 2009).

Os sistemas de manejo que promovem o uso conservacionista do solo, são capazes de mitigar esses impactos e proporcionar condições para que os quintais agroflorestais cumpram de forma balanceada suas funções ambientais e socioeconômicas (VIEIRA et al., 2018). Nesse sentido, é essencial o conhecimento e o constante estudo dos atributos do solo nos quintais agroflorestais, de forma que possibilite monitorar as alterações decorrentes das atividades agropecuárias, adotar práticas em prol da melhoria da qualidade do solo e antecipar possíveis processos de degradação (SOARES et al., 2016; BURGREVER et al., 2019).

### 3.4 PROGRAMA CONEXUS BIOMA PAMPA

O Programa Conexus Bioma Pampa - Sistemas biodiversos para inclusão social e qualidade ambiental no bioma Pampa: conexões entre a abordagem Nexus e o Programa Quintais Sustentáveis, foi desenvolvido pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (NEPRADE) e pelo Núcleo de Estudos em Agricultura Familiar (NESAF), ambos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por meio da Chamada MCTI/CNPq Nº 20/2017 – NEXUS II, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (ROVEDDER et al., 2021).

O Programa Conexus é a conexão entre a abordagem Nexus e o Projeto Quintais Sustentáveis, cooperação entre UFSM, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e demais instituições, efetivada de 2012 a 2016 (SANTOS, 2022). O Projeto Quintais Sustentáveis: Apoio para a Estruturação e Produção Sustentável de Alimentos, desenvolvido através do Programa de Assessoria Técnica, Social e Ambiental para famílias assentadas (ATES) do Rio Grande do Sul, tinha como objetivo ser uma política pública de segurança alimentar e inclusão produtiva para as famílias assentadas da reforma agrária em situação de

insegurança alimentar e vulnerabilidade social (ROVEDDER et al., 2021). A estratégia era beneficiar as famílias através da distribuição de um kit de estruturação produtiva agroecológica que continha equipamentos e produtos para implantação de quintais sustentáveis nos lotes e capacitação dos agricultores (PIOVESAN et al., 2020).

Partindo desse pressuposto, o Programa Conexus teve como público-alvo as famílias assentadas da reforma agrária no bioma Pampa, contempladas pelo Projeto Quintais Sustentáveis e que enfrentam situação de grande vulnerabilidade social e extrema pobreza (ROVEDDER, et al., 2021). Sendo assim, o Programa Conexus, buscou desenvolver conhecimentos e tecnologias sociais, através dos Sistemas Agroflorestais (SAF), para efetivação da segurança alimentar aliada à segurança hídrica e energética (PAIM, 2022).

O Nexus foi popularizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e, na prática, propõe uma metodologia para melhorar a avaliação e compreensão das relações entre ecossistemas, recursos naturais e as atividades humanas, com o objetivo último de alcançar maior sustentabilidade e conservação ambiental em diferentes escalas (local, regional, nacional, continental), destacando a importância do alcance de água, alimento e energia para o bem-estar da (LIU et al., 2017).

As preocupações com o Nexus alimento-água-energia têm motivado muitas discussões sobre novas abordagens para a gestão da água, energia e recursos alimentares desde 2008 (HOFF, 2011; CONNOR, 2015, PAQUIN; COSGROVE, 2016; GIUPPONI; GAIN, 2017). O Nexus vem ganhando aceitação desde que foi debatido publicamente pela primeira vez durante a Conferência de Bonn (2011) “*The Water, Energy and Food Security Nexus: Solutions for the Green Economy*” e a FAO em 2014 usou o Nexus como um conceito organizacional para coordenar a natureza complexa e inter-relacionada do sistema global de recursos que afetam a agricultura (FAO, 2014).

As necessidades humanas de sinergias entre água, energia e alimentos são geograficamente, culturalmente e economicamente diversas (MIRZABAEV et al., 2015; CREMADES et al., 2016). Em algumas comunidades, nações ou regiões, cultivar mais alimentos é essencial para a sobrevivência, sendo uma necessidade humana básica, mas em outras regiões a energia para alimentar máquinas e automóveis é uma importante preocupação de desenvolvimento (LIU et al., 2017). Assim, o uso sinérgico da água, energia e alimentos deve ser definido de forma específica, levando em consideração os diferentes contextos em cada região e suas diferentes prioridades de desenvolvimento (DE STRASSER et al., 2016).

O Nexus é aplicado em diversos países, onde se desenvolvem indicadores de qualidade das três seguranças adaptados às realidades locais/regionais e no Brasil, foram desenvolvidos

39 projetos com a abordagem Nexus distribuídos em todos os biomas brasileiros (ROVEDDER et al., 2021). Segundo os autores, só no RS foram oito projetos Nexus, sendo 7 no bioma Pampa e 1 no bioma Mata Atlântica.

Diante disso, para trabalhar com a abordagem Nexus no bioma Pampa, a estratégia agregadora das três seguranças adotada pelo Programa Conexus foi o quintal agroflorestral, arranjo produtivo reconhecido internacionalmente por seu potencial junto à setores sociais menos favorecidos e comunidades tradicionais (SANTOS, 2022). De acordo com Santos (2022), os resultados foram obtidos a partir da análise do banco de dados do sistema SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da ATES) e estudos de caso nos assentamentos definidos como pontos focais do projeto, por meio de entrevistas semiestruturadas e análise *in situ* de algumas famílias, analisando a qualidade de seus quintais agroflorestrais e como o estabelecimento desses promoveu melhorias nas três seguranças, analisando por meio de indicadores de qualidade do solo, da água, identificação de espécies arbóreas, realização de enriquecimento dos quintais estabelecidos, recuperação de nascentes, oficinas e palestras.

Em 2018, o Programa Conexus iniciou suas atividades, divididas basicamente em duas linhas: (a) análise de indicadores das seguranças hídrica, alimentar e energética junto às famílias contempladas anteriormente pelo Projeto Quintais Sustentáveis; (b) ações de extensão e capacitação nos assentamentos do bioma Pampa (ROVEDDER et al., 2021). Os autores destacam que através de metodologias participativas na forma de oficinas e mutirão, o Programa Conexus Bioma Pampa, buscou envolver as famílias em todas as etapas do projeto, construindo junto com a comunidade as ações, uma vez que os temas das oficinas foram estabelecidos de forma coletiva com as famílias assentadas, de acordo com suas demandas, buscando melhorar a produtividade dos quintais agroflorestrais e auxiliar na capacitação de práticas de manejo conservacionista.

## 4 CAPÍTULO 1 - ALIMENTO-ÁGUA-ENERGIA: UM ESTUDO DE CASO NOS ASSENTAMENTOS DA REFORMA AGRÁRIA NO PAMPA<sup>1</sup>

### RESUMO

O avanço das monoculturas no bioma Pampa coloca em risco sua sociobiodiversidade, o que se reflete em vulnerabilidade produtiva e ecológica, influenciando na qualidade de vida das famílias assentadas. O objetivo do presente estudo é identificar as principais potencialidades e limitações nos assentamentos da reforma agrária no Pampa, quanto a segurança alimentar, hídrica e energética. O estudo abrangeu 1755 famílias contempladas pelo Projeto Quintais Sustentáveis, residentes em 214 assentamentos, distribuídos em 40 municípios e nas seis regiões fitogeográficas do Pampa: Campanha, Central/Planalto Médio, Metropolitana, Missões, Serra do Sudeste e Extremo Sul. A partir do banco de dados do SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da Assessoria Técnica, Social e Ambiental da ATEs) para os assentamentos da reforma agrária, foram selecionados 27 indicadores do Nexus Alimento-Água-Energia. Os indicadores Nexus selecionados foram avaliados pela análise de correlação de Spearman, para verificar a interação entre os indicadores estudados e pela metodologia de avaliação de indicadores de sustentabilidade do agroecossistema, para obter uma representação visual dos indicadores nas regiões de estudo. Na segurança alimentar, quatro indicadores estiveram presentes em mais de 70% das famílias: criação de aves, produção de grãos, criação de suínos e bovinos para produção de leite. A produção familiar se concentra na criação animal, evidenciada pela correlação significativa entre a criação de aves e a criação de suínos ( $p < 0,98$ ). Nos cultivos agrícolas, o destaque foi na produção de grãos (78%) e de policultivos (37,89%). Os indicadores de segurança hídrica estiveram presentes em menos de 40% das famílias e a maior correlação significativa se estabeleceu entre a presença de rios/riachos e a presença de nascentes ( $p < 0,88$ ). Na segurança energética, a maior percentagem de representação foi entre a presença de eletrificação e tipo monofásico em mais de 98% das famílias, expressa pela maior correlação significativa ( $p < 0,99$ ). Entre as seis regiões de estudo, a região do Extremo Sul obteve maior representação de indicadores. As famílias assentadas no bioma Pampa apresentam um nível intermediário de segurança alimentar, hídrica e energética. Dessa forma, se evidencia a necessidade de investimentos em pesquisas e fomento às políticas públicas, para melhorar a qualidade de vida das famílias assentadas da reforma agrária, associada à conservação do Pampa.

**Palavras-chaves:** Segurança alimentar; Segurança hídrica; Segurança energética; Agricultura familiar.

---

<sup>1</sup> O presente capítulo está no formato de artigo científico, o qual pretende-se submeter para publicação na revista científica Confins (Paris). O artigo está em consonância com as normas de formatação vigentes da revista.

## FOOD-WATER-ENERGY: A CASE STUDY IN THE SETTLEMENTS OF AGRICULTURAL REFORM IN PAMPA

### ABSTRACT

The advance of monocultures in the Pampa biome puts its socio-biodiversity at risk, which is reflected in productive and ecological vulnerability, influencing the quality of life of settled families. The aim of this study is to identify the main strengths and limitations in the agrarian reform settlements in the Pampa, in terms of food, water and energy security. The study covered 1755 families covered by the Sustainable Backyards Project, residing in 214 settlements, distributed in 40 municipalities and in the six phytogeographic regions of the Pampa: Campanha, Central/Medium Plateau, Metropolitana, Missões, Serra do Sudeste and Extreme South. From the database of SIGRA (Integrated System of Rural Management of the Technical, Social and Environmental Advisory of ATES) for the agrarian reform settlements, 27 indicators of the Food-Water-Energy Nexus were selected. The selected Nexus indicators were evaluated by Spearman's correlation analysis, to verify the interaction between the studied indicators and by the agroecosystem sustainability indicators evaluation methodology, to obtain a visual representation of the indicators in the study regions. In terms of food security, four indicators were present in more than 70% of the families: raising poultry, grain production, raising pigs and cattle for milk production. Family production focuses on animal husbandry, evidenced by the significant correlation between poultry and pig farming ( $p < 0.98$ ). In agricultural crops, the highlight was the production of grains (78%) and polycultures (37.89%). Water security indicators were present in less than 40% of the families and the highest significant correlation was established between the presence of rivers/streams and the presence of springs ( $p < 0.88$ ). In energy security, the highest percentage of representation was between the presence of electrification and the single-phase type in more than 98% of the families, expressed by the highest significant correlation ( $p < 0.99$ ). Among the six study regions, the Far South region had the highest representation of indicators. Families settled in the Pampa biome have an intermediate level of food, water and energy security. In this way, the need for investments in research and promotion of public policies is evident, to improve the quality of life of the families settled by the agrarian reform, associated with the conservation of the Pampa.

**Keywords:** Food security; Water security; Energy security; Family farming.

### INTRODUÇÃO

O bioma Pampa é o único que se encontra inteiramente em uma única unidade da federação brasileira, abrangendo 68,8% do território do estado Rio Grande do Sul e 2,3% do território nacional (PALLARÉS et al., 2005; IBGE, 2019). A vegetação do Pampa é formada por distintas fisionomias, com diferentes composições florísticas, principalmente influenciadas por características geomorfológicas, além das climáticas e relacionadas ao manejo e uso do solo (OVERBECK et al., 2015). Apresenta um mosaico de vegetação (campo-floresta) (STEFANELLO et al., 2019), no qual, o campo dominado por gramíneas é o mais representativo (BOLDRINI, 2009). A vegetação de floresta, limita-se a formar uma moldura ao longo dos



cursos d'água, em áreas de relevo mais acidentado ou áreas de afloramentos rochosos (BENCKE et al., 2016; GRANZOTTO et al., 2021), entretanto, essa vegetação não domina a paisagem (OVERBECK et al., 2015).

A vegetação original do bioma abriga riqueza de flora, fauna e culturas humanas, mas essa elevada sociobiodiversidade está em situação de risco pelo avanço do agronegócio (BRACK et al., 2021). A principal ameaça se configura na expansão da agricultura e da silvicultura, exploração de recursos minerais, extrativismo predatório e a introdução de espécies exóticas invasoras (CHOMENKO; BENCKE, 2016). O bioma apresenta índices significativos de supressão da vegetação nativa, tendo em vista que no período de 1985 a 2020, 44,1% da vegetação nativa do Pampa, foi suprimida para uso antrópico (PROJETO MAPBIOMAS, 2022). O reflexo disso é a vulnerabilidade produtiva e ecológica, influenciando na qualidade de vida dos agricultores e agricultoras familiares (ROVEDDER et al., 2021).

Apesar de sua importância, o Pampa enfrenta obstáculos como a supressão de áreas naturais e a pobreza rural para preservar a sua identidade e promover o desenvolvimento sustentável (HASENACK, 2006; STEFANELLO et al., 2019; PROJETO MAPBIOMAS, 2020). O bioma Pampa comporta 70% dos assentamentos da reforma agrária, com mais de 220 assentamentos, totalizando uma população de 8.600 famílias (INCRA, 2020).

Como alternativa para identificar as ameaças e a vulnerabilidade social e ambiental que ocorrem em várias regiões do planeta, a abordagem Nexus alimento-água-energia foi desenvolvida como uma proposta de análise integrada das seguranças hídrica, energética e alimentar (BIGGS et al., 2015). A principal finalidade é promover os vínculos inseparáveis entre o uso de recursos e a garantia de direitos básicos e universais para as três seguranças (KARABULUT et al., 2016).

A abordagem Nexus foi apresentada no Fórum Econômico Mundial (2008) e se tornou popular após a Conferência de Bonn (2011) (LIU et al., 2017), surgindo como alternativa para implementar as metas dos acordos internacionais nas agendas da biodiversidade, mudanças climáticas e redução da pobreza, no contexto da segurança alimentar aliada à segurança hídrica e energética (EMBED; MARTÍN, 2017). O Nexus é aplicado em diversos países, onde se desenvolvem indicadores de qualidade adaptados às realidades locais/regionais e vinculado ao Nexus, o Programa Conexus Bioma Pampa foi criado para trabalhar nos assentamentos da reforma agrária no Pampa, tendo como público-alvo as famílias assentadas assistidas pelo Projeto Quintais Sustentáveis, com a finalidade de fortalecer a matriz produtiva e a agroecologia nas famílias em situação de vulnerabilidade social e extrema pobreza (ROVEDDER et al., 2021).

O presente estudo tem por objetivo, analisar o contexto socioeconômico das famílias assentadas da reforma agrária no bioma Pampa, contempladas pelo Projeto Quintais Sustentáveis, utilizando indicadores da abordagem Nexus para identificar as principais potencialidades e limitações quanto à segurança alimentar, hídrica e energética. Nesse sentido, testamos as seguintes hipóteses: a) As famílias assentadas possuem níveis baixos de segurança alimentar, hídrica e energética; b) A abordagem Nexus é eficiente para integrar a análise das três seguranças no contexto dos assentamentos do bioma Pampa.

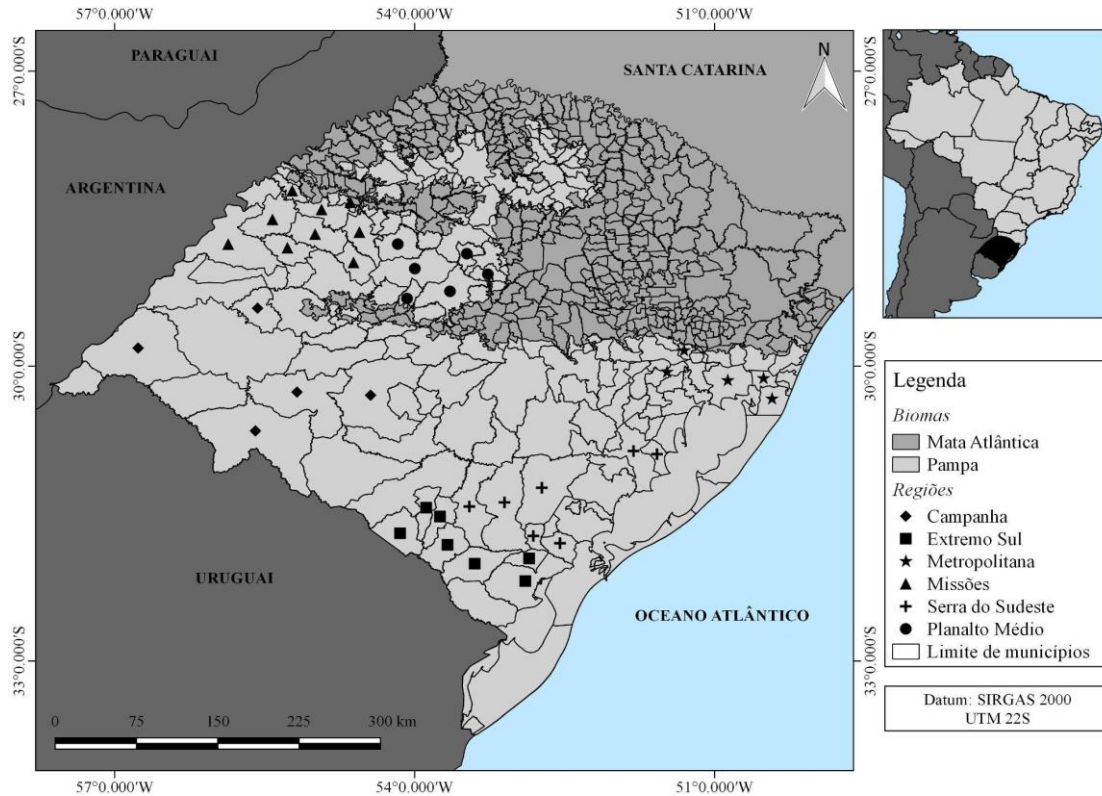
## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDO**

O bioma Pampa, no Brasil, está restrito ao estado do Rio Grande do Sul, representando 68,8% do território estadual e aproximadamente 2,3% do território nacional (IBGE, 2019). O Pampa possui mosaico de vegetação de campo e floresta (OVERBECK et al., 2015, GUARINO et al., 2018). O clima é do tipo cfa, subtropical úmido com verões quentes, sem estação seca definida, segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013).

O resgate amostral do presente estudo, foram os assentamentos da reforma agrária no bioma Pampa, sul do Brasil, abrangendo 1755 famílias residentes em 214 assentamentos, distribuídos em 40 municípios e nas seis regiões fisiográficas do Pampa, de acordo com Santos (2022): Campanha, Central/Planalto Médio, Metropolitana, Missões, Serra do Sudeste e Extremo Sul (Figura 1).

Figura 1 - Distribuição geográfica dos 40 municípios nas seis regiões fisiográficas no bioma Pampa, sul do Brasil.



Fonte: (Autor, 2023).

Para definir o número de famílias assentadas (Quadro 1), o estudo levou em consideração as famílias contempladas pelo “Projeto Quintais Sustentáveis: Apoio para a Estruturação e Produção Sustentável de Alimentos”, cujo critério de participação foi a renda familiar per capita de até R\$ 70,00 reais em 2011, o que representava a linha da pobreza extrema. O Projeto Quintais Sustentáveis foi desenvolvido através do Programa de Assessoria Técnica, Social e Ambiental para famílias assentadas (ATES) do Rio Grande do Sul, em uma parceria entre o departamento de Extensão Rural e Educação do Campo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). O projeto visava beneficiar as famílias assentadas da reforma agrária (incluídas no CadÚnico (Cadastro Único) através da melhoria da segurança alimentar e da inclusão socioprodutiva, através da distribuição de um kit de estruturação produtiva, que incluía mudas, insumos, sementes, equipamentos de irrigação e capacitação das famílias (PIOVESAN et al., 2020).

Quadro 1 - Áreas de estudo, regiões fisiográficas, municípios, número de família e número de assentamentos no alcance do estudo no Pampa, sul do Brasil.

(continua)

<b>Áreas</b>	<b>Regiões fisiográficas</b>	<b>Municípios</b>	<b>Número de Famílias</b>	<b>Número de Assentamentos</b>
Área 1	Campanha	Manoel Viana Uruguaiana Santana do Livramento Rosário do Sul São Gabriel	268	33
Área 2	Central/Planalto Médio	Tupanciretã Jóia Júlio de Castilhos Boa Vista do Inca Salto do Jacuí Quevedos	216	31
Área 3	Extremo Sul	Candiota Hulha Negra Aceguá Pedras Altas Herval Arroio Grande Pedro Osório	562	65
Área 4	Metropolitana	Viamão Capivari do Sul Palmares do Sul Eldorado do Sul Nova Santa Rita	149	11
Área 5	Missões	Santo Antônio das Missões São Borja Itacurubi Bossoroca	270	26

(conclusão)

		São Nicolau São Luiz Gonzaga Capão do Cipó São Miguel das Missões Caibaté		
Área 6	Serra do Sudeste	Camaquã Arambaré Encruzilhada do Sul Piratini Canguçu Pinheiro Machado Cerrito Capão do Leão	290	46

Fonte: (Autor, 2023).

## SELEÇÃO DE INDICADORES NEXUS

A seleção de indicadores de segurança alimentar, hídrica e energética foi realizada utilizando o banco de dados do Sistema Integrado de Gestão Rural da ATES (SIGRA). O banco de dados do SIGRA pertence ao Programa de Assessoria Técnica, Social e Ambiental para famílias assentadas (ATES) e foi desenvolvida pelo departamento de Extensão Rural e Educação do Campo da UFSM e implementada pelo INCRA.

O SIGRA é construído como um sistema de informação e de gestão onde são registradas informações de todas as famílias assentadas assessoradas pelo Programa de ATES e permite a elaboração de um planejamento orientado segundo as condições das famílias, categorizando-as a partir das características sociais, ambientais e produtivas. As informações eram atualizadas anualmente e o sistema possui informações referentes aos anos entre 2012 a 2016 (FLECH; FRIEDERICH, 2018). O banco de dados utilizado no presente estudo, refere-se ao ano de 2015/16 e utilizou-se na seleção dos indicadores o filtro “Bioma Pampa”.

Para abranger os três componentes da abordagem Nexus, dos 64 indicadores iniciais fornecidos pelo SIGRA (Apêndice A – Tabela S1), foram identificados os mais relevantes para caracterizar os níveis das três seguranças dentro do contexto socioeconômico das famílias assentadas no Pampa. Como critério para identificar a relevância dos indicadores se analisou a

representatividade entre o número de famílias. Sendo assim, os cultivos agrícolas e a criação animal para autoconsumo formaram a base de análise da segurança alimentar. A análise dos níveis de segurança hídrica baseou-se nos indicadores de disponibilidade de recursos hídricos e no grau de tecnologia utilizada para obtê-los. A análise da segurança energética baseou-se no acesso à tecnologia.

## ANÁLISE DE DADOS

Os indicadores Nexus foram organizados em uma matriz com os 40 municípios, 214 assentamentos e 1755 famílias assentadas no bioma Pampa. Para cada indicador selecionado, calculou-se a frequência de ocorrência.

Para analisar a interação entre os indicadores de cada segurança e verificar a existência de uma correlação, foi realizada a análise de correlação de Spearman. O coeficiente de correlação de Spearman ( $p$ ) fornece uma medida para avaliar a força de uma associação entre duas variáveis (SPEARMAN, 1904). A correlação com um valor  $p$  inferior a 0,05 é considerada estatisticamente significativa. Considera-se que o valor de Spearman superior a 0,5 indica uma associação positiva entre os dois indicadores e um valor inferior a -0,5 é considerado uma associação negativa (PUTRA et al., 2020).

Para identificar os indicadores de segurança alimentar, hídrica e energética mais representativos em cada região de estudo, foi utilizada a metodologia de avaliação de indicadores de sustentabilidade do agroecossistema, através do gráfico de radar ou do tipo “teia”. Nessa metodologia, cada indicador é estimado separadamente e lhe é atribuído um valor de 1 a 5 (sendo 1 o valor menor desejável, 3 um valor médio e 5 o valor desejado) (ALTIERI; NICHOLLS, 2002).

As análises foram realizadas no ambiente estatístico R, com interface do Rstudio, utilizando o pacote *plotly* (versão 4.1.1) (R CORE TEAM, 2022).

## RESULTADOS

### INDICADORES NEXUS ALIMENTO-ÁGUA-ENERGIA

Com base na análise do banco de dados do SIGRA, foram definidos 10 indicadores de segurança alimentar, 10 de segurança hídrica e 7 de segurança energética, totalizando 27 indicadores Nexus (Tabela 1).

Tabela 1 - Indicadores de segurança alimentar, hídrica e energética selecionados do banco de dados do SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da Assessoria Técnica, Social e Ambiental), para os assentamentos da reforma agrária no bioma Pampa, sul do Brasil.

(continua)

<b>ID</b>	<b>Descrição</b>	<b>Caracterização complementar</b>	<b>Nexus</b>
<b>A1</b>	Criação de aves	Existência da criação de galinhas.	Segurança Alimentar
<b>A2</b>	Criação de suínos	Criação de raças diversas.	
<b>A3</b>	Criação de bovinos de leite	Criação para produção de leite.	
<b>A4</b>	Criação de bovinos de corte	Criação para produção de carne bovina.	
<b>A5</b>	Criação de peixes	Criação de espécies variadas.	
<b>A6</b>	Criação de ovinos	Criação de raças diversas.	
<b>A7</b>	Produção de grãos	Existência da produção de soja, milho, trigo, feijão.	
<b>A8</b>	Produção de pomares	Existência da produção de <i>Citrus</i> sp e demais frutíferas exóticas e nativas.	
<b>A9</b>	Produção de hortas	Existência da produção de olerícolas e tuberosas.	
<b>A10</b>	Produção de policultivos	Existência da produção consorciada de grãos, frutíferas e cucurbitáceas em uma área de até 5000 m <sup>2</sup> .	
<b>H1</b>	Rede pública de abastecimento de água	Sistema público destinado ao fornecimento de água potável.	Segurança Hídrica
<b>H2</b>	Rede comunitária de abastecimento de água	Sistema de abastecimento coletivo de fornecimento de água potável.	
<b>H3</b>	Presença de poço comum	É perfurado manualmente, até chegar no início do lençol freático e a profundidade chega a 20 metros.	
<b>H4</b>	Presença de poço artesiano individual	A profundidade do poço é de 50 a 2000 metros e a gestão é individual.	
<b>H5</b>	Presença de poço artesiano comunitário	A profundidade do poço é de 50 a 2000 metros e a gestão é coletiva.	
<b>H6</b>	Presença de cacimba/fonte protegida	São escavadas manualmente e revestidas com tijolos. Captam o lençol	

(conclusão)

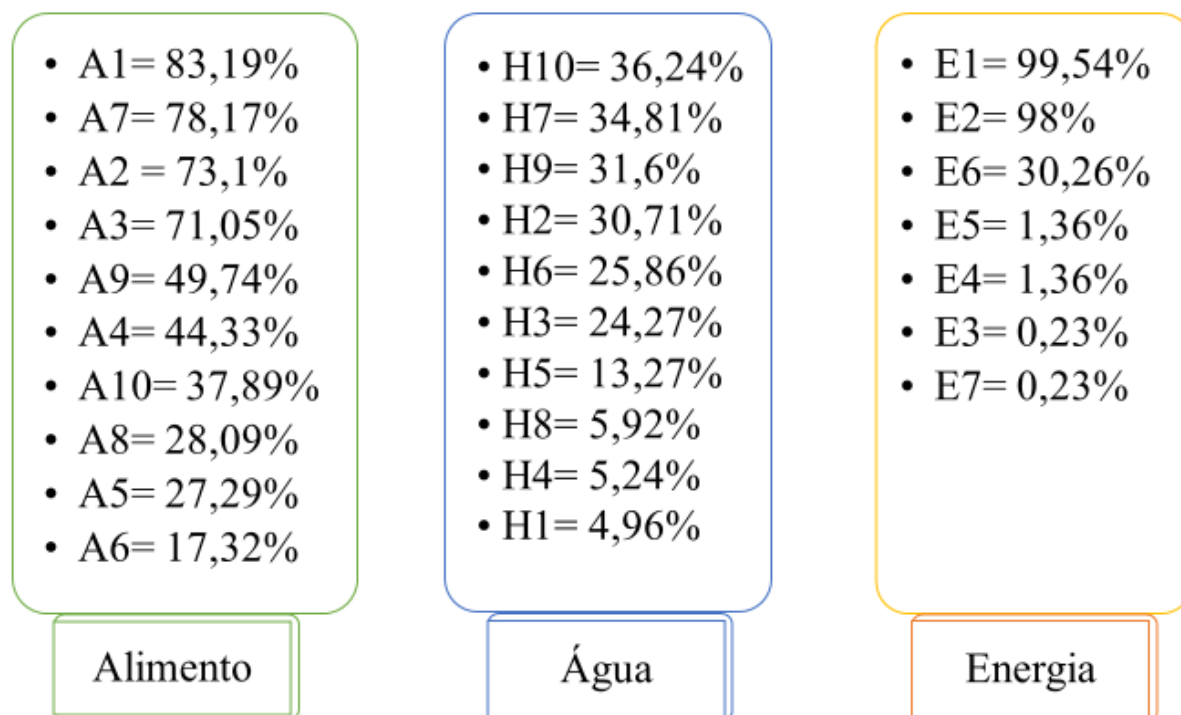
		freático e possuem profundidades de até 20 metros.	
<b>H7</b>	Presença de açude	Construção de terra, pedra ou cimento destinada para represar água.	
<b>H8</b>	Sem recursos hídricos no lote	Sem presença de nascentes, rios/riachos, cacimba/fonte protegida.	
<b>H9</b>	Presença de rios/riachos	Rio é um grande corpo de água e riacho é geralmente menor e mais raso que o rio.	
<b>H10</b>	Presença de nascentes	É uma manifestação superficial de lençóis subterrâneos.	
<b>E1</b>	Acesso a eletrificação	Possui energia elétrica independente da potência.	Segurança Energética
<b>E2</b>	Acesso a eletrificação monofásica	Potência energética de até 8.000 watts.	
<b>E3</b>	Acesso a eletrificação bifásica	Potência energética de 12.000 a 25.000 watts.	
<b>E4</b>	Acesso a eletrificação trifásica	Potência energética de 25.000 a 75.000 watts.	
<b>E5</b>	Acesso à gerador de energia elétrica	Sistema que transforma energia química em energia elétrica.	
<b>E6</b>	Problemas de voltagem de energia	Falta de energia elétrica em dias chuvosos.	
<b>E7</b>	Produção de espécies de reflorestamento	Plantio em monocultivo de <i>Eucalytus</i> sp., <i>Acacia mangium</i> e <i>Pinus</i> sp.	

Fonte: (Autor, 2023).

A Figura 2 apresenta a frequência de ocorrência dos indicadores entre as famílias analisadas.



Figura 2 - Frequência de ocorrência dos indicadores de segurança alimentar, hídrica e energética extraídos do banco de dados do SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da Assessoria Técnica, Social e Ambiental), para os assentamentos da reforma agrária no Pampa.



Fonte: (Autor, 2023). Em que: A1= Criação de aves; A2= Criação de suínos; A3= Criação de bovinos de leite; A4= Criação de bovinos de corte; A5= Criação de peixes; A6= Criação de ovinos; A7= Produção de grãos; A8= Produção de pomares; A9= Produção de hortas; A10= Produção de policultivos; H1= Rede pública de abastecimento de água; H2= Rede comunitária de abastecimento de água; H3= Presença de poço comum; H4= Presença de poço artesiano individual; H5= Presença de poço artesiano comunitário; H6= Presença de cacimba/fonte protegida; H7= Presença de açude; H8= Sem recursos hídricos no lote; H9= Presença de rios/riachos; H10= Presença de nascentes; E1= Acesso a eletrificação; E2= Acesso a eletrificação monofásica; E3= Acesso a eletrificação bifásica; E4= Acesso a eletrificação trifásica; E5= Acesso a gerador de energia elétrica; E6= Problemas de voltagem de energia; E7= Produção de espécies de reflorestamento.

Na segurança alimentar, quatro indicadores estiveram presentes em mais de 70% das famílias, tendo a maior representação a criação de aves (A1), seguida da produção de grãos (A7), criação de suínos (A2) e bovinos para produção de leite (A3). Todos os indicadores de segurança hídrica ocorreram em menos de 40% das propriedades rurais, destacando-se a presença de nascentes (H10), açudes (H7), rios/riachos (H9) e rede comunitária de abastecimento de água (H2). Mais de 98% das famílias possuem eletrificação rural (E1) e do tipo monofásico (E2).

De acordo com a correlação de Spearman (Apêndice A – Tabela S2), todos os indicadores apresentaram correlação significativa positiva ( $p < 0,05$ ). Nenhuma correlação negativa foi significativa. Os dez indicadores de segurança alimentar apresentaram correlações significativas positivas entre si, ao contrário da maioria das correlações entre os indicadores de segurança hídrica e energética (Figura 3).

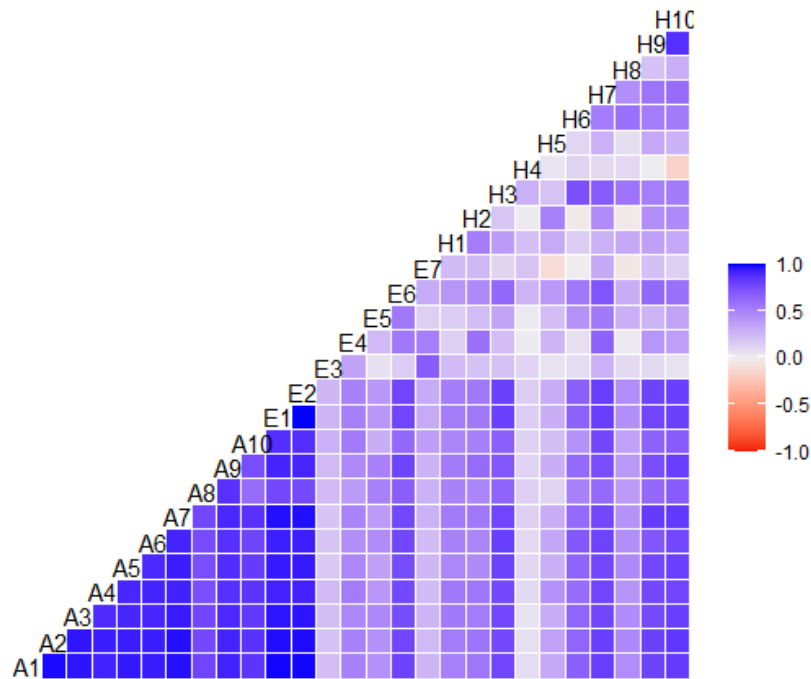
A correlação mais forte evidenciada na segurança alimentar se estabeleceu entre a criação de aves (A1) e a criação de suínos (A2) ( $p < 0,98$ ). No entanto, observa-se que as maiores correlações se concentraram entre três indicadores: criação de aves (A1), criação de suínos (A2) e a produção de grãos (A7), com valores entre  $p < 0,97$  e  $p < 0,96$ . A menor correlação foi entre a produção de pomares (A8) e de policultivos (A10) ( $p < 0,61$ ).

Nos indicadores de segurança hídrica, a maioria das correlações não foram significativas e apenas duas correlações se destacaram. A maior correlação se obteve entre a presença de rios/riachos (H9) e a presença de nascentes (H10), com  $p < 0,88$ , seguida da correlação entre a presença de cacimba/fonte protegida (H6) e a presença de poço comum (H3) com  $p < 0,74$ . A menor correlação foi observada entre a presença de poço artesiano comunitário (H5) e a rede comunitária de abastecimento de água (H2) ( $p < 0,52$ ).

Entre os indicadores de segurança energética, a maior correlação foi expressa entre o acesso a eletrificação (E1) e do tipo monofásico (E2), com  $p < 0,99$ . Nota-se a correlação significativa do indicador de problemas de voltagem (E6) tanto com o indicador de acesso a eletrificação (E1) como com o de acesso a eletrificação monofásica (E2),  $p < 0,78$ . A menor correlação foi obtida entre o acesso a eletrificação trifásica (E4) e o acesso a eletrificação monofásica (E2), ( $p < 0,51$ ).

Analisando a correlação entre as três seguranças, se evidencia que as correlações significativas mais fortes foram expressas entre os indicadores de segurança alimentar e energética. O indicador de criação de aves (A1) obteve a maior correlação tanto com o indicador de eletrificação monofásica (E2) com  $p < 0,992$ , quanto com o indicador de acesso à eletrificação (E1) com  $p < 0,991$ . O mesmo ocorreu com o indicador de criação de suínos (A2), que apresentou maior correlação com a eletrificação monofásica (E2)  $p < 0,981$  e o acesso à eletrificação (E1)  $p < 0,980$ . Já analisando todas as correlações com os indicadores de segurança hídrica, a maior correlação se estabeleceu entre o indicador de presença de nascentes (H10) tanto com o indicador de criação de suínos (A2)  $p < 0,85$  como com o indicador de produção de grãos (A7)  $p < 0,84$ .

Figura 3 - Correlação de Spearman entre os indicadores de segurança alimentar, hídrica e energética extraídos do banco de dados do SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da Assessoria Técnica, Social e Ambiental), para os assentamentos da reforma agrária no Pampa.



A1= Criação de aves  
 A2= Criação de suínos  
 A3= Criação de bovinos de leite  
 A4= Criação de bovinos de corte  
 A5= Criação de peixes  
 A6= Criação de ovinos  
 A7= Produção de grãos  
 A8= Produção de pomares  
 A9= Produção de hortas  
 A10= Produção de policultivos

H1= Rede pública de abastecimento de água  
 H2= Rede comunitária de abastecimento de água  
 H3= Presença de poço comum  
 H4= Presença de poço artesiano individual  
 H5= Presença de poço artesiano comunitário  
 H6= Presença de cacimba/fonte protegida  
 H7= Presença de açude  
 H8= Sem recursos hídricos no lote  
 H9= Presença de rios/riachos  
 H10= Presença de nascentes

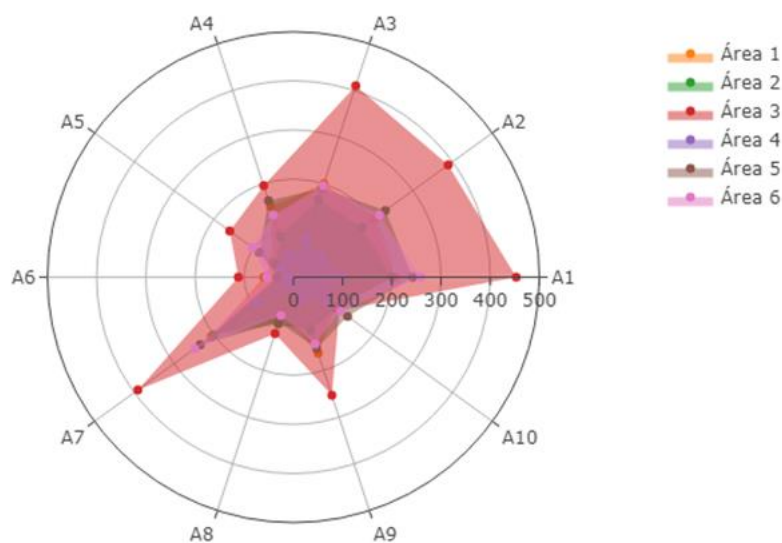
E1= Acesso a eletrificação  
 E2= Acesso a eletrificação monofásica  
 E3= Acesso a eletrificação bifásica  
 E4= Acesso a eletrificação trifásica  
 E5= Acesso a gerador de energia elétrica  
 E6= Problemas de voltagem de energia  
 E7= Produção de espécies de reflorestamento

Fonte: (Autor, 2023).

## INDICADORES NEXUS POR REGIÃO DE ESTUDO

Considerando as três seguranças, a região do Extremo Sul (área 3) teve a maior representação dos indicadores analisados. Na segurança alimentar, o indicador A1 (criação de aves), obteve o maior valor desejado, seguido por A2 (criação de suínos), A3 (criação de bovinos de leite) e A7 (produção de grãos) (Figura 4).

Figura 4 - Gráfico de radar para a representatividade dos indicadores de segurança alimentar para as famílias do Projeto Quintais Sustentáveis nas regiões fisiográficas do bioma Pampa, sul do Brasil.

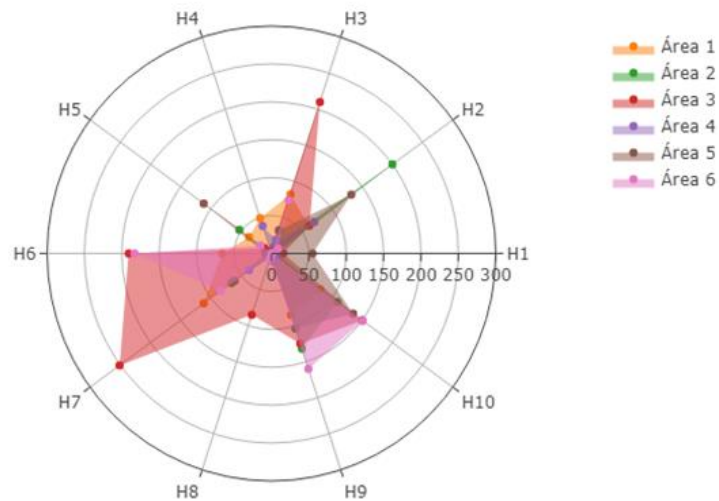


Fonte: (Autor, 2023). Em que: Área 1= Campanha; Área 2= Central/Planalto Médio; Área 3= Extremo Sul; Área 4= Metropolitana; Área 5= Missões e Área 6= Serra do Sudeste; A1= Criação de aves; A2= Criação de suínos; A3= Criação de bovinos de leite; A4= Criação de bovinos de corte; A5= Criação de peixes; A6= Criação de ovinos; A7= Produção de grãos; A8= Produção de pomares; A9= Produção de hortas; A10= Produção de policultivos. Dados selecionados do banco de dados do SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da Assessoria Técnica, Social e Ambiental).

A região do Extremo Sul (Área 3) apresentou a maior representação, dada pelos indicadores presença de açude (H7), presença de poço comum (H3) e presença de cacimba/fonte protegida (H6) (Figura 5). A presença de cacimba/fonte protegida também foi representativa na região da Serra do Sudeste (área 6). O indicador H2 (Rede comunitária de abastecimento de água) se destacou na região Central/Planalto Médio (área 2).

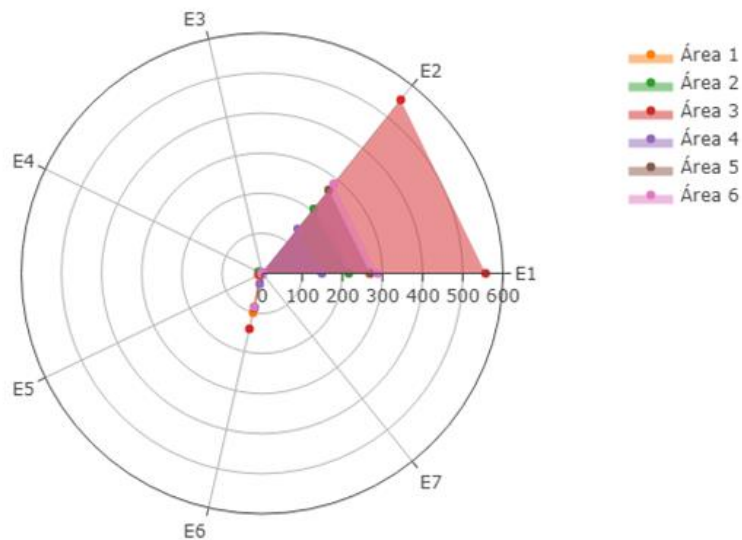
Já os indicadores de segurança energética com maior representação foram o de acesso a eletrificação (E1) e o acesso a eletrificação monofásica (E2) em todas as regiões estudadas, com destaque para a região do Extremo Sul (Figura 6). O indicador problemas de voltagem elétrica (E6) obteve baixa representação.

Figura 5 - Gráfico de radar para a representatividade dos indicadores de segurança hídrica para as famílias do Projeto Quintais Sustentáveis nas regiões fisiográficas do bioma Pampa, sul do Brasil.



Fonte: (Autor, 2023). Em que: Área 1= Campanha; Área 2= Central/Planalto Médio; Área 3= Extremo Sul; Área 4= Metropolitana; Área 5= Missões e Área 6= Serra do Sudeste; H1= Rede pública de abastecimento de água; H2= Rede comunitária de abastecimento de água; H3= Presença de poço comum; H4= Presença de poço artesiano individual; H5= Presença de poço artesiano comunitário; H6= Presença de cacimba/fonte protegida; H7= Presença de açude; H8= Sem recursos hídricos no lote; H9= Presença de rios/riachos; H10= Presença de nascentes. Dados selecionados do banco de dados do SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da Assessoria Técnica, Social e Ambiental).

Figura 6 - Gráfico de radar para a representatividade dos indicadores de segurança energética para as famílias do Projeto Quintais Sustentáveis nas regiões fisiográficas do bioma Pampa, sul do Brasil.



Fonte: (Autor, 2023). Em que: Área 1= Campanha; Área 2= Central/Planalto Médio; Área 3= Extremo Sul; Área 4= Metropolitana; Área 5= Missões e Área 6= Serra do Sudeste; E1= Acesso a eletrificação; E2= Acesso a eletrificação monofásica; E3= Acesso a eletrificação bifásica; E4= Acesso a eletrificação trifásica; E5= Acesso a gerador de energia elétrica; E6= Problemas de voltagem de energia; E7= Produção de espécies de reflorestamento. Dados selecionados do banco de dados do SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da Assessoria Técnica, Social e Ambiental).

## DISCUSSÃO

### *Análise da Segurança Alimentar, Hídrica e Energética*

O presente estudo produz informações importantes sobre o contexto socioeconômico das famílias assentadas da reforma agrária no Pampa brasileiro. Os resultados indicam que as famílias apresentaram um nível intermediário de segurança alimentar, hídrica e energética, evidenciado pela produção agrícola e animal para subsistência, os recursos hídricos disponíveis nas propriedades e o fornecimento de energia elétrica.

No entanto, é possível perceber que o potencial de diversificação a partir de policultivos pode ser melhor explorado. Isso fica evidente na menor frequência de policultivos, hortas e pomares entre as famílias estudadas (Figura 2). Nesse caso, podemos admitir algumas relações com os resultados encontrados para a segurança hídrica, onde menos de 40% das famílias possuíam disponibilidade de açudes, rios/riachos e nascentes, o que pode significar uma insuficiência hídrica para manutenção de pomares e policultivos. Esse aspecto é agravado pelo cenário de emergências climáticas, realidade presente e futura, tendo em vista que o Rio Grande do Sul tem passado por uma frequência e intensidade maior de estiagens, principalmente nos meses de verão, já que a maioria das regiões não ultrapassaram 50 mm de chuva (DDPA, 2020). O agravamento da crise hídrica torna os pequenos agricultores familiares mais vulneráveis, devido à baixa capacidade de adaptação às mudanças climáticas (MOTA; SILVA, 2021).

A forte estiagem ao longo de 2020, afetou inúmeras famílias assentadas, ocasionando perdas de produção de cultivos de verão. Dona Salete Fátima Rodrigues, assentada a 19 anos no Assentamento Fortaleza, em Piratini, relatou os impactos da estiagem para a equipe do Programa Conexus:

Enfrentamos uma estiagem de seis meses bem na época que as plantas precisavam de água, pois estavam em formação de grãos, por exemplo, soja, milho, feijão, amendoim e outros produtos como o aipim, batata doce, melancia e o melão que plantamos para a Bionatur, e ainda as frutas que não desenvolveram bem (PROGRAMA CONEXUS BIOMA PAMPA, 2020).

No diagnóstico realizado com parte dessas famílias, Santos (2022) constatou que apenas um baixo percentual de famílias possuía açude como fonte de irrigação para o quintal, mas que, na maioria dos casos, sofre com a estiagem no verão. A vulnerabilidade hídrica foi evidenciada como um fator determinante para não instalação do kit de irrigação pela maioria das famílias assistidas pelo Projeto Quintais Sustentáveis, em decorrência da inexistência de recursos

hídricos nas propriedades, acarretando a mortalidade de algumas mudas (PAIM, 2022). A padronização dos kits, desconsiderando as condições desiguais das famílias quanto ao acesso e disponibilidade de recursos hídricos, a qualidade dos materiais e das mudas distribuídas, a época de entrega das mudas e o atraso na distribuição dos equipamentos de irrigação, se configuraram como fatores negativos ao desenvolvimento dos quintais sustentáveis (PIOVESAN et al., 2020; PAIM, 2022).

No entanto, a percepção de valor do policultivo como fonte de alimentos e de saúde pelas famílias, evidencia o potencial dos policultivos na diversificação da produção para subsistência. Dona Alaíde Roso, agricultora do Assentamento Alvorada, em Júlio de Castilhos, deu o seguinte testemunho registrado pela equipe do Programa Conexus:

Quando eu vim pra cá, morar aqui nesse lugar, eu tinha poucos pés de arvoredo. Aí veio um pessoal e perguntou se eu queria ter um quintal, me trouxeram as mudas e eu plantei. Isso foi muito bom pra mim, uma coisa diferente. As pessoas me ensinaram como plantar e tá aí o resultado, já deu fruto e isso tem beneficiado a minha família[...] eu tenho aqui de tudo um pouco, o ano inteiro tem frutas, de um tipo ou de outro. Então eu me sinto privilegiada por ter esse quintal. [...] Eu agradeço muito a oportunidade que me deram de ter esse quintal, porque eu não ia ter condições de plantar (PROGRAMA CONEXUS BIOMA PAMPA, 2021).

Avaliando os dados do SIGRA para assentamentos de todo o estado do RS, Jaehn (2019) argumenta que os valores referentes aos policultivos podem ter sofrido influência da estratégia de coleta de dados dos agentes de ATES, tendo em vista que essa categoria representava pequenas áreas cultivadas com grande diversidade e que para a produção agrícola era possível preencher mais de um registro, dividindo-a por categoria de acordo com os cultivos existentes nas propriedades.

As 1755 famílias assentadas possuem uma produção diversificada de proteína animal (aves, suínos e bovinos), realizada em mais de 70% das propriedades (Figura 2). Tendo em vista que todas as correlações evidenciadas entre os indicadores de segurança alimentar foram significativas positivas e, embora haja maior enfoque para a criação animal e a produção de grãos, nota-se que quase 50% das famílias possuem hortas nas suas propriedades e pouco menos de 40% dispõem de policultivos (produção consorciada de grãos, frutíferas e cucurbitáceas em uma área de 5000 m<sup>2</sup>).

A maior parte da produção nas propriedades é destinada para o autoconsumo das famílias, assim como verificado por Busato et al. (2011), em que a maior parte dos alimentos consumidos era oriunda da própria produção das famílias na região sul do Brasil e Jaehn et al. (2020), ressaltando que a produção para o autoconsumo é uma prática comum entre as famílias

assentadas no estado do Rio Grande do Sul, contribuindo para a segurança alimentar e nutricional.

Sendo assim, os policultivos se destacam pelo potencial que representam para fortalecer a diversificação da produção de alimentos para subsistência das famílias assentadas, apesar do predomínio da produção de grãos em monocultivo. No indicador de policultivo se pode incluir uma grande diversidade de cultivos praticados pelas famílias e, além disso, esse sistema de cultivo consorciado caracterizado no presente estudo pela produção de grãos, frutíferas e cucurbitáceas, possibilita o melhor aproveitamento do espaço disponível na propriedade e contribui para uma produção sustentável, sendo uma estratégia importante para garantir a segurança alimentar. O policultivo possibilita a diversificação da produção em uma pequena área de cultivo e colabora para a geração de trabalho, renda e qualidade de vida à família (OLIVEIRA et al., 2015). Ao contrário das monoculturas, o policultivo é um sistema complexo de cultivo, tão antigo quanto a agricultura, que preza pela biodiversidade e diversificação da produção em uma mesma área agrícola, adotando arranjos que possibilitem a otimização do espaço produtivo (LIEBMAN, 1997; MAZOIER, 2010).

A maior correlação significativa estabelecida entre os indicadores de segurança alimentar, se estabeleceu entre a criação de aves (A1) e a criação de suínos (A2) (Figura 3), evidenciando a importância da criação animal nas famílias do Pampa, representando 83,19% e 73,1%, respectivamente (Figura 2). Corroborando com esses resultados, um estudo com famílias assentadas no RS, revelou que 69% das famílias se dedicavam a criação de aves e 63% para a criação de suínos e, em ambos os estudos, os indicadores obtiveram os maiores percentuais na produção para o autoconsumo (JAEHN et al., 2020).

A criação de aves se destaca como a principal produção animal no presente estudo. Esse resultado pode estar associado ao manejo destes animais, criados soltos e alimentados com o aproveitamento de outros alimentos. A interação entre a criação de aves e os quintais foi registrada pela equipe do Programa Conexus, podendo-se inferir uma contribuição dos Quintais Sustentáveis para o fortalecimento desse indicador. A criação de aves também foi a produção animal mais expressiva para autoconsumo de famílias assentadas na região do Alto Xingu, MT (GRIGOL et al., 2022), tanto pela facilidade no trato animal, como pela menor exigência de investimentos e recursos necessários. Os autores afirmam ainda, que a criação de aves se configura como uma prática persistente e que caracteriza o modo de vida local.

A crise no volume de chuvas pode afetar tanto na segurança hídrica, quanto na segurança alimentar e energética. Estudos sobre o Nexus Alimento-Água-Energia, revelaram a possibilidade de que a escassez de água cresça drasticamente e entre os indicadores se



evidenciaram a exploração dos recursos hídricos disponíveis, demandas de água no setor de energia e uso de energia para fornecer água em vários setores, especialmente na agricultura (KHOLOD et al., 2021).

A relação entre a disponibilidade hídrica e a produção agrícola é um fator que precisa ser analisado com atenção. O estabelecimento de correlação entre a criação de suínos (A2) e a produção de grãos (A7), com a presença de nascentes (H10) (Figura 3), pode ser explicada pela importância que a segurança hídrica representa, influenciando na produção agropecuária e, conseqüentemente, afetando a segurança alimentar das famílias (MARENGO et al., 2016). Além disso, os recursos hídricos mais representativos no presente estudo, foram a presença de rios/riachos (H9) e a presença de nascentes (H10) (Figura 2). Esse resultado ressalta a importância de preservar os recursos hídricos, afinal, apenas um terço das famílias estudadas possuem esses indicadores e mais de 24% se concentram na presença de poço comum (H3), caracterizado por alcançar até 20 metros de profundidade, ou seja, podendo ser insuficiente para conciliar o consumo humano com a produção agropecuária.

No entanto, a estrutura básica de fornecimento de água para as famílias assentadas é precária. Frente à essa realidade, “aonde a luta pela terra é diária, o acesso à água encanada pode ser visto como artigo de luxo” (ROVEDDER et al., 2021, p.43), preservar as fontes de água locais é crucial para garantir qualidade de vida digna para as famílias, estando diretamente relacionada com as atividades e impactos ambientais que ocorrem na propriedade e na região como observado por Rovedder et al. (2021). No entanto, a equipe do Programa Conexus identificou a partir de análise da qualidade da água em nascentes, quantidades de coliformes totais e *Escherichia coli* acima do permitido para consumo humano. A contaminação pode ocorrer devido ao acesso do gado ou através do escoamento da água da chuva a partir das porções mais altas do relevo com a presença de gado. O fator mais preocupante foi em relação aos agrotóxicos, sendo que 100% das amostras apresentaram pelo menos um tipo de agrotóxico (SANTOS, 2022).

Diante disso, uma ameaça a conservação dos recursos hídricos no bioma Pampa, é a expansão da produção de *commodities* de soja, tendo em vista o grande impacto social e ambiental que ocasiona, como a utilização de sementes geneticamente modificadas e agrotóxicos (MALUF et al., 2015; GLOBAL PANEL, 2017; WILLET et al., 2019). No estado do Rio Grande do Sul, a soja é cultivada em mais de 44% dos assentamentos da reforma agrária (SIGRA, 2016) e, atualmente, é o quarto maior produtor de soja no país (CONAB, 2022). A alta percentagem de produção grãos (A9) encontrada no presente estudo (Figura 2), predominantemente sob o cultivo de soja e milho, pode estar relacionada ao estabelecimento de

assentamentos caracterizados pela produção de monoculturas destinadas para a exportação, na região Sul do Brasil (BORSATTO; SOUZA-ESQUERDO, 2019).

Em contrapartida, a produção de alimentos agroecológicos vem ganhando cada vez mais destaque nos assentamentos do Rio Grande do Sul, caracterizados pela não utilização de produtos químicos prejudiciais à saúde pública e ao meio ambiente, respeitando os saberes tradicionais e buscando exercer uma agricultura equilibrada e saudável (LINDNER et al., 2021). Ao longo das últimas duas décadas, o MST se tornou o maior produtor de arroz agroecológico da América Latina e a produção é centrada nos assentamentos do Rio Grande do Sul (ANGHINOMI et al., 2020). A agroecologia vem sendo uma linha política prioritária do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) (BORSATTO; SOUZA-ESQUERDO, 2019).

Para apoiar e promover a produção agroecológica, o olhar precisa ser centrado para a agricultura familiar, responsável pela maioria da produção básica brasileira e representa 77% dos estabelecimentos rurais (IBGE, 2017). Atualmente, cerca de 450 mil famílias estão assentadas pelo Brasil (MST, 2022) e os assentamentos da reforma agrária desempenham uma importante função frente aos desafios enfrentados para garantir a segurança alimentar aliada a segurança hídrica e energética. As famílias assentadas buscam produzir alimentos agroecológicos e compreendem a necessidade de preservar os recursos naturais, apostando na melhoria da qualidade de vida associada à preservação ambiental.

Analisando as correlações entre as seguranças, se destacaram os indicadores mais representativos dentro da segurança alimentar e energética, sendo a criação de aves (A1) e o acesso à eletrificação monofásica (E2) (Figura 3). No Brasil, os assentamentos formados entre os anos 1995 e 2001, apenas 55% das famílias possuíam eletricidade (MST, 2009). Pode-se constatar um avanço no acesso a eletrificação ao longo dos anos, uma vez que segundo o IBGE (2019), cerca de 99,8% da população tem acesso à energia elétrica, corroborando com o presente estudo. O acesso e o consumo de eletricidade também estão entre os indicadores de segurança energética com maior influência em outros estudos utilizando indicadores Nexus (PUTRA et al., 2020).

Entretanto, a insegurança energética ainda é evidenciada devido aos problemas de voltagem de energia elétrica em parte das famílias neste estudo e que 98% possuem eletrificação do tipo monofásico (Figura 2), sendo esses os dois indicadores mais representativos na correlação de Spearman (Figura 3). Diante disso, mais de 30% das famílias apresentam problemas com voltagem de energia elétrica, ou seja, a maioria das famílias possuem energia elétrica, mas insuficiente, com predomínio de eletrificação do tipo monofásico, caracterizado

pela baixa potência energética. No Brasil, apenas 52,97% da população apresenta nível energético satisfatório (IDEC, 2018). Esse resultado, configura um alerta que deve ser monitorado ao longo do tempo, pois acesso à energia básica não é evidência de energia de qualidade (SOARES; SILVA, 2023). Durante os trabalhos de campo, a equipe do Programa Conexus registrou relatos das famílias assentadas sobre a impossibilidade de beneficiamento e armazenamento de produtos devido à eletrificação monofásica e a grande instabilidade em dias chuvosos (SANTOS, 2022; PAIM, 2022).

Outro ponto de relevância para o estudo é a utilização de lenha como matriz energética. No SIGRA essa informação está apresentada de maneira indireta na categoria de reflorestamento (indicador E7). Esse indicador esteve presente em 0,23% das famílias (Figura 2) e a lenha é proveniente de plantios para autoconsumo de *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp. e *Acacia mearnsii* De Wild. O uso de lenha é uma prática frequente e cultural no Pampa brasileiro, principalmente para cozinhar e para o aquecimento durante o inverno. O fogão à lenha é um utensílio recorrente em todas as classes sociais. No caso das famílias analisadas, cujo recorte é de vulnerabilidade social, o uso de lenha para preparo dos alimentos e aquecimento tem uma conotação econômica, devido aos custos do gás de cozinha. No período de 2018 a 2022, período de realização da presente pesquisa, o preço do gás de cozinha passou por um processo inflacionário de até 9,6%, variando entre R\$ 70,00 em 2018 (ANP, 2018) para R\$ 111,00 em 2022 (ANP, 2023).

Sendo assim, o valor encontrado para o indicador E7 não representa o consumo de lenha, mas sim apenas aqueles que possuem fonte própria para o autoconsumo. Outro aspecto relacionado é o relato de extrativismo nas áreas de mata nativa para o uso familiar, devido ao baixo índice de autossuficiência, como relatado pela Dona Leni do Assentamento PA Piratini em Piratini, RS (PROGRAMA CONEXUS BIOMA PAMPA, 2019). É importante ressaltar que esse extrativismo é do tipo predatório e frequentemente ocorre nas áreas de nascentes, justamente as porções mantidas com mata nativa, o que permite vincular os índices de insegurança energética com os de insegurança hídrica registrados nesse estudo. O preço da lenha é significativamente mais baixo que o gás de cozinha, mas, mesmo assim pode ocupar uma fatia considerável na renda familiar, principalmente em um estrato social nos níveis de pobreza extrema. Essa é uma realidade vivenciada e relatada pelas famílias assentadas no Pampa. Vale ressaltar que no Brasil, 14 milhões de famílias utilizam lenha para cozinhar (IBGE, 2019).

### *Análise de indicadores Nexus por região de estudo*

A maior representação de indicadores Nexus está concentrada na região do Extremo Sul (área 3). Essa região possui a maior abrangência populacional do presente estudo, abarcando o maior número de famílias e assentamentos. Na região do Extremo Sul, juntamente com a criação de aves (A1), criação de suínos (A2) e produção de grãos (A7), também obteve destaque a criação de bovinos de leite (A3) (Figura 4). Esse indicador se destaca, tendo em vista que desde a implementação dos primeiros assentamentos em 1992, a bovinocultura leiteira vem crescendo como principal fonte de renda para as famílias (MST, 2009). Além disso, o sul do estado do Rio Grande do Sul, tem características históricas relacionadas à atividade pecuária, principalmente pela forma de ocupação e pela presença de extensas áreas de pastagens naturais típicas do bioma Pampa (CHOMENKO; BENCKE, 2016; WAQUIL et al., 2016). Na região do Extremo Sul, os primeiros anos dos assentamentos foram vividos em condições de acampamentos, sob lonas e barracas, sem energia elétrica, moradias ou abastecimento de água, ou seja, uma realidade completamente diferente da existente nos dias de hoje, mostrando a evolução da organização com o passar dos anos (MST, 2018).

Nota-se que ao analisar por região, na segurança hídrica, a presença de cacimba/fonte protegida (H6) se destacou em duas regiões de estudo, Extremo Sul (Área 3) e Serra do Sudeste (área 6) (Figura 5). De acordo com as entrevistas realizadas pelo Programa Conexus, menos de 23% das famílias da região da Serra do Sudeste possuíam cacimba/fonte protegida nas propriedades (PAIM, 2022). A cacimba é uma estrutura feita para o armazenamento de água de uma nascente, possui uma proteção superficial (folhas de zinco) e lateral (pedras, alvenaria) para proteção da tubulação usada para a condução da água e são muito importantes para a coleta de água dos mananciais, representando para algumas famílias a garantia de água nas propriedades na maior parte do ano, mesmo sendo afetadas pelas estiagens (ROVEDDER et al., 2021).

A rede comunitária de abastecimento de água (H2) se destacou apenas na região Central/Planalto Médio (área 2), o que reflete uma organização social maior, reflexo de assentamentos longevos, datando das primeiras ações de reforma agrária no estado, como, por exemplo, o Assentamento Ramada, fundado em 1996 no município de Júlio de Castilhos. Os assentamentos desse período parecem ter se beneficiado de uma gestão pública inicial mais eficiente ou mais atenta à reforma agrária, o que se expressa em melhores condições de vida e de organização para suas famílias (SANTOS, 2022).

Os indicadores de acesso a eletrificação (E1) e do tipo monofásica (E2) foram os mais representativos em todas as regiões estudadas, com destaque para a região do Extremo Sul (Figura 6). Diante disso, o predomínio desse tipo de eletrificação, pode interferir diretamente na capacidade produtiva e na qualidade de vida das famílias, tendo em vista que o acesso à eletricidade é um dos elementos que pode potencializar a produção das famílias. No entanto, infelizmente, existem famílias assentadas que não possuem condições mínimas para morar nos assentamentos e produzir alimentos, reforçando a necessidade do fortalecimento e de garantir o acesso das famílias às políticas de reforma agrária (GARVEY; VIRGINIO; PEPPER, 2017).

### *Análise da abordagem Nexus alimento-água-energia*

Ao analisar a segurança alimentar, hídrica e energética separadamente, nota-se que não seria possível tal fato, uma vez que as seguranças são interligadas e algumas dependentes. Dessa forma, a abordagem Nexus foi eficiente para integrar a análise das três seguranças no contexto dos assentamentos do bioma Pampa assistidos pelo Projeto Quintais Sustentáveis.

A abordagem Nexus constitui em um sistema integrado e, sendo assim, não se trata apenas de uma combinação de três setores diferentes, mas de um sistema de componentes que interagem, mais do que apenas um coleção de objetivos, metas e indicadores (PRADHAN, 2019). Assim, os esforços e estratégias precisam ser realizadas para alcançar a segurança alimentar, hídrica e energética como um todo, uma vez que deixar de atender a um dos aspectos de uma segurança, pode levar a falha de todo o sistema (PUTRA et al., 2020).

O SIGRA se apresentou como uma ferramenta muito importante para a análise do contexto socioeconômico das famílias assentadas, tendo em vista a precariedade do acompanhamento técnico após o término do Programa de ATES, ficando as famílias desassistidas e os órgãos de assistência técnica locais sobrecarregados. Diante disso, garantir que a atualização das informações do SIGRA seja realizada anualmente, é um passo necessário para avançarmos no fomento a políticas públicas voltadas para os assentamentos da reforma agrária.

## **CONCLUSÃO**

As famílias assentadas contempladas pelo Projeto Quintais Sustentáveis no bioma Pampa, apresentam níveis intermediários de segurança alimentar, hídrica e energética. Dentre as principais limitações, destaca-se os recursos hídricos disponíveis nas propriedades e o acesso

à eletrificação de qualidade. Na segurança alimentar, a principal ameaça é o avanço da produção de grãos em monocultivo, havendo a necessidade de investir na diversificação da produção familiar, apostando nos policultivos como uma estratégia para suprir a produção para subsistência em quantidade e qualidade, dando ênfase para a produção agroecológica. A abordagem Nexus alimento-água-energia foi eficiente na análise do contexto socioeconômico das famílias assentadas. Contudo, se evidencia a necessidade de investimentos em pesquisas e fomento às políticas públicas, para melhorar a qualidade de vida das famílias nos assentamentos da reforma agrária associada à preservação do bioma Pampa.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações pelo financiamento de recursos destinados ao Programa Conexus Bioma Pampa (Processo 441451/2017-9). À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de Doutorado para a primeira autora.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, Costa Rica, N.64, p. 17-24, 2002.

ANGHINONI, I. et al. Fundamentos, manejo e perspectivas da produção de arroz irrigado de base ecológica no Rio Grande do Sul. 1. ed. - Cachoeirinha: IRGA/Estação Experimental do Arroz; Porto Alegre: Grupo Gestor do Arroz Agroecológico, 2020. 77p.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. Média nacional semestral dos preços de GLP - Valores de referência para o Programa Auxílio Gás dos Brasileiros, 2023. Disponível em: <Tabela medias moveis semestrais.xlsx (www.gov.br)> Acessado em: 05/02/2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. Evolução dos preços – Resumo Brasil, 2018. Disponível em: <2018-margens-p13-grafico.pdf (www.gov.br)> Acessado em: 05/02/2023.

BENCKE, G. A.; CHOMENKO, L.; SANT'ANNA, D. M. O que é o Pampa? In: CHOMENKO, L.; BENCKE, G. A. (Coord). Nosso Pampa Desconhecido. Porto Alegre/RS: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2016. p. 16- 27. ISBN 978-86-60378-12-8.

BIGGS, E.M.; BRUCE, E.; BORUFF, B.; DUNCAN, J.M.A.; HORSLEY, J.; PAULI, N.; MCNEILL, K.; NEEF, A.; OGTROP, F.V.; CURNOW, J.; HAWORTH, B.; DUCE, S.; IMANARI, Y. Sustainable development and the water–energy–food Nexus: a perspective on livelihoods. *Environ Sci Policy* 54, 389–397, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.002>.

BORSATTO, R. S.; SOUZA-ESQUERDO, V. F. MST's experience in leveraging agroecology in rural settlements: lessons, achievements, and challenges, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 43:7-8, 915-935, 2019. DOI:10.1080/21683565.2019.1615024

BRACK, P. Bioma Pampa. *In*: DIAS et al. Dicionário de Agroecologia e Educação, Rio de Janeiro e São Paulo: Expressão Popular, 2021. p. 188-193.

BUSATO, M. A.; GALLINA, L. S.; DREYER, D. C.; QUADROS, J.C.; LAVRATTI, E.; TEO, C. R. P. A. Segurança alimentar e nutricional e as condições do ambiente em assentamento rural de Santa Catarina. *Alimentos e Nutrição Araraquara*. 22(4):555-559. 2011.

CHOMENKO, L.; BENCKE, G. A. Nosso Pampa desconhecido. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Levantamento de 05/2022. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acessado em: 17/10/2022.

DEPARTAMENTO DE DIAGNÓSTICO E PESQUISA AGROPECUÁRIA – DDPA. Análise da estiagem na safra 2019/2020 e impactos na agropecuária do Rio Grande do Sul. 2020. Disponível: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202011/10163507-14095649-circular-06-cardoso-et-al-para-publicacao.pdf>> Acesso em: 25/07/2022.

EMBED, A.; MARTÍN, L. El Nexu entre el agua, la energía y la alimentación en América Latina y el Caribe: Planificación, marco normativo e identificación de interconexiones prioritarias. Naciones Unidas: Santiago. 71p. 2017. Disponível em: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41069/1/S1700077\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41069/1/S1700077_es.pdf). Acesso em: 27/09/2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Global Forest Products. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/>>. Acesso em: 12/04/2020.

FLECH, E. M.; FRIEDERICH, G. Um Sistema Integrado de Gestão Rural (SIGRA) como instrumento de gestão da atuação em rede. *In*: DALBIANCO, V. P.; et al. (Orgs.) Uma nova extensão rural pública: uma experiência pluralista descentralizada da Assessoria Técnica, Social e Ambiental (Ates) no estado do Rio Grande do Sul. Ijuí: Editora Unijuí, 2018.

GARVEY, B.; VIRGINIO, F. V. P.; PEPPER, R. Terra, trabalho, alimentos e energia renovável. 2017. Disponível em: <<http://www.ctescoladacidade.org/contradutadas/editorias/trabalho-terra-e-globalizacao-desafios-nas-fronteiras-energeticas/terra-trabalho-alimentos-e-energia-renovavel/>>. Acesso em: 10/10/2021.

GLOBAL PANEL. Urban diets and nutrition: trends, challenges and opportunities for policy action. Policy Brief, n. 9. Londres: Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition, 2017.

GRANZOTTO, F. et al. Espécies do banco de sementes do solo, regeneração natural e componente arbóreo no Pampa brasileiro. Curitiba/PR: CRV, 2021. E-book (136 p.). ISBN 978-65-251-1462-0.

GRIGOL, N. S.; MOLINA, S. M. G.; SANT'ANA, G. C.; GARAVELLO, M. E. P. E. (2022). Produção para autoconsumo e segurança alimentar entre assentados rurais do Alto Xingu, Mato Grosso, Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 60(2), e233195. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.233195>

HASENACK, H. Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Sumário Executivo do mapeamento da cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Brasília: MMA/SBF. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Agropecuário 2017 – Agricultura Familiar, Atlas do espaço rural brasileiro. Disponível em: <11\_00\_Texto.pdf (ibge.gov.br)> Acesso em: 19/10/2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2019. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6590#resultado>>. Acessado em: 20/04/2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR – IDEC. Avaliação da qualidade do serviço de fornecimento de energia das concessionárias e permissionárias brasileiras. São Paulo: IDEC. 2018. Disponível em: [https://idec.org.br/sites/default/files/qualidade\\_setor\\_eletrico\\_brasil.pdf](https://idec.org.br/sites/default/files/qualidade_setor_eletrico_brasil.pdf). Acessado em: 18/05/2022.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA. Relação de Beneficiários do Programa Nacional de Reforma Agrária (PNRA) - Lista Única, por SR/Projeto/Município/Código Beneficiário. Disponível em: [http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/reforma-agraria/rela-o-de-benefici-rios-rb-da-reforma-agr-ria/sr-11\\_rs\\_1.pdf](http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/reforma-agraria/rela-o-de-benefici-rios-rb-da-reforma-agr-ria/sr-11_rs_1.pdf). Acessado em: 26/10/2020.

JAEHN, E. A importância do autoconsumo na renda das famílias assentadas no Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2019.

JAEHN, E.; FLECH, E. M.; PIOVESAN, R. T.; SOUZA, E.; NEUMANN, P. S.; FIALHO, M. A. V. Autoconsumo em assentamentos rurais no Rio Grande do Sul. *Cadernos de Agroecologia - Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia*, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, no 2, 2020.

KARABULUT, A.; EGOH, B.N.; LANZANOVA, D.; GRIZZETTI, B.; BIDOGLIO, G.; PAGLIERO, L.; BOURAOUI, F.; MUBAREKA, S. Mapping water provisioning services to support the ecosystem – water – food – energy nexus in the Danube river basin. *Ecosyst. Serv.* 17, 278–292, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.08.002>>.



KHOLOD, N.; EVANS, M.; KHAN, Z.; HEJAZI, M.; CHATURVEDI, V. Water-energy-food nexus in India: A critical review. *Energy and Climate Change* 2 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.egycc.2021.100060>

LIEBMAN, M. Sistemas de policultivos. Altieri, MA Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. CLADES. La Habana, p. 133-141, 1997.

LINDNER, M.; BRUSTULIN, F. S.; MEDEIROS, R. M. A produção ecológica nos assentamentos rurais no Rio Grande do Sul, *Confins*, n. 50, 2021. <https://doi.org/10.4000/confins.37593>

LIU, J.; YANG, H.; CUDENNEC, C.; GAIN, A.; HOFF, H.; LAWFFORD, R.; QI, J.; DE STRASSER, L.; YILLIA, P.; ZHENG, C. Challenges in operationalizing the water-energy-food nexus. *Hydrol. Sci. J.* 62, 1714–1720, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/02626667.2017.1353695>>.

MALUF, R. S.; BURLANDY, L.; SANTARELLI, M.; SCHOTTZ, V.; SPERANZA, J. S. Nutrition-sensitive agriculture and the promotion of food and nutrition sovereignty and security in Brazil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 20, p. 2303-2312, 2015.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do nordeste do Brasil no contexto histórico. *Climanálise*, 3(1), 1-6. 2016.

MAZOYER M.; ROUDART L. História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea. São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010.

MOTA, Z. M.; SILVA, A. R. D. SEGURANÇA HÍDRICA NA AGRICULTURA FAMILIAR. *Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente*, 2(3), 29. 2021.

MOVIMENTO DOS TRABALHADORES RURAIS SEM TERRA - MST. Os assentamentos. 2009. Disponível em: <OS ASSENTAMENTOS - MST>. Acessado em: 17/10/2022.

MOVIMENTO DOS TRABALHADORES RURAIS SEM TERRA - MST. O outro lado da terra do carvão: assentamentos do MST, agroecologia e vidas recuperadas - MST. 2018. Disponível em: <O outro lado da terra do carvão: assentamentos do MST, agroecologia e vidas recuperadas - MST>. Acessado em: 15/08/2022.

MOVIMENTO DOS TRABALHADORES RURAIS SEM TERRA - MST. Comida de verdade, 2022. Disponível em: <Arroz, feijão, café, laticínios e mais: conheça as principais linhas de produção do MST - MST> Acesso em: 10/01/2023.

OLIVEIRA, M. da R.; SILVA, E. S. da; SANTOS, K. A. S. dos; FEIDEN, A.; BORSATO, A. V. Policultivo como Prática de Transição Agroecológica no Assentamento 72, Ladario-MS. *Cadernos de Agroecologia*. Vol 10, No. 3, 2015.

PAIM, C. T. **Conexões entre as seguranças hídrica, alimentar e energética e a restauração socioprodutiva nos assentamentos do bioma Pampa**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2022.

PALLARÉS, O. R.; BERRETTA, E. J.; MARASCHIN, G. E. The South American Campos Ecosystem. In: SUTTIE, J.; REYNOLDS, S. G.; BATELLO, C. (Ed.). Grasslands of the world. Rome: FAO, p.171-219 (FAO. Plant production and protection series, 34, 2005).

PIOVESAN, R. T.; ZARNOTT, A. V.; FLECH, E. M.; JAHEN, E.; BELE, A. R.; NEUMANN, P. S. **O projeto Quintais Sustentáveis junto às famílias assentadas no Rio Grande do Sul.** Cadernos de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe, v.15, n. 2, 2020.

PRADHAN, P. Antagonists to meeting the 2030 agenda. Nature Sustainability 2, 171. 2019.

PROGRAMA CONEXUS BIOMA PAMPA. Programa Conexus – Relato de assentados. NEPRADE/UFSM: Piratini, RS. 2020. Disponível em: <(23) Programa CONEXUS - Relatos de Assentados - YouTube> Acessado em: 02/05/2020.

PROGRAMA CONEXUS BIOMA PAMPA. Relato sobre os impactos da estiagem e da pandemia na agricultura familiar. NEPRADE/UFSM: Piratini, RS. 2020. Disponível em: <Relato sobre os impactos da estiagem e da pandemia na agricultura familiar – Conexus Bioma Pampa (ufsm.br)> Acessado em: 20/02/2021.

PROGRAMA CONEXUS BIOMA PAMPA. Alaíde depoimento Assentamento Alvorada. NEPRADE/UFSM: Júlio de Castilhos, RS. 2021. Disponível em: <(23) Alaíde depoimento assentamento alvorada 2021 - YouTube> Acessado em: 20/10/2021.

PROJETO MAPBIOMAS - Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. Área de cobertura do bioma Pampa. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/map#coverage>> Acesso em: 27 abril de 2020.

PROJETO MAPBIOMAS – Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra no Pampa - Coleção 7, acessado em 12 de novembro de 2022. Acesso em 10 de nov. 2022. Disponível em: <[https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/MapBiomias\\_PAMPA\\_2022\\_11.10\\_\\_1\\_.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/MapBiomias_PAMPA_2022_11.10__1_.pdf)>

PUTRA, M. P. I. F.; PRADHAN, P.; KROPP, J. P. A systematic analysis of Water-Energy-Food security nexus: A South Asian case study. Science of the Total Environment, 728, 2020.

ROVEDDER, A. P. M. et al. Água, alimento e energia: práticas testadas pelo Programa Conexus Bioma Pampa, Curitiba: CRV: 2021. 60 p.

SANTOS, D. R. Conexus - sistemas biodiversos para inclusão social e qualidade ambiental no bioma Pampa: conexões entre a abordagem Nexus e o Programa Quintais Sustentáveis. **Relatório técnico de pesquisa.** Santa Maria, 2022.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA (RIO GRANDE DO SUL) – SEMA. Relatório Anual sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul 2021 –Relatório Síntese. Porto Alegre: SEMA, 2022.

SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO RURAL DA ATES – SIGRA. Banco de dados 2016. Integrado ao Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATES) aos Assentamentos de Reforma Agrária. Disponível em: <[www.sigra.net.br](http://www.sigra.net.br)>. Acessado em: 26/07/2022.

SOARES, H. M.; SILVA, T. N. Few Nexus (nexo alimento-energia-água) na agricultura familiar: um estudo de caso na RedeCoop/RS. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 61(4). 2023. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.263869>.

SPEARMAN, C. The proof and measurement of association between two things. *Am. J. Psychol.* 15, 72–101. 1904. <https://doi.org/10.2307/1412159>.

STEFANELLO, M. M de.; ROVEDDER, A. P. M.; FELKER, R. M.; GAZZOLA, M. D.; CAMARGO, B.; PIAIA, B. B.; MATIELLO, J.; PROCKNOW, D.; SILVA, R. P. da.; PECCATTI, A.; CRODA, J. P. How Bovine Livestock Affects Seed Rain in Subtropical Climate Forest. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 11, No. 10; 2019.

WAQUIL, P. D. et al. *Pecuária familiar no Rio Grande do Sul: história, diversidade social e dinâmicas de desenvolvimento*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2016.

WILLETT, W. et al. Food in the Anthropocene: the EAT – Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, v. 393, n. 10170, p. 447-492, 2019. Disponível em: <001115755.pdf (ufrgs.br)>

## 5 CAPÍTULO 2 - QUINTAIS AGROFLORESTAIS MELHORAM OS ATRIBUTOS DO SOLO NOS ASSENTAMENTOS DA REFORMA AGRÁRIA NO PAMPA<sup>2</sup>

### RESUMO

O solo é a base fundamental dos sistemas de produção, atuando como um substrato físico e nutritivo para as plantas. Diante disso, compreender o impacto do uso e manejo na qualidade do solo é essencial para o desenvolvimento de sistemas equilibrados. O objetivo deste estudo é avaliar a qualidade do solo sob diferentes quintais agroflorestais nos assentamentos da reforma agrária, em duas regiões fisiográficas do bioma Pampa, Sul do Brasil. Foram analisados seis quintais agroflorestais, seis lavouras e uma mata nativa como área de referência nas duas áreas estudadas, denominadas de área A (município de Júlio de Castilhos) e área B (município de Piratini). Para analisar a qualidade do solo, foram mensurados os atributos físicos e químicos do solo. Primeiramente, os atributos foram analisados quanto ao uso do solo e, posteriormente, para avaliar a influência dos manejos realizados em cada sistema, foi realizada a análise pareada dos dados. Os atributos físicos avaliados foram: densidade do solo (Ds), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e porosidade total (Pt) na profundidade de 0-10cm. Os atributos químicos foram: pH (H<sub>2</sub>O), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC efetiva), capacidade de troca de cátions a pH7 (CTC pH7), acidez potencial (H+Al), saturação por base (V%), saturação por alumínio (m%), matéria orgânica (MO), boro (B), cobre (Cu), Enxofre (S), zinco (Zn), Carbono (C %) e nitrogênio (N %) nas profundidades de 0-10cm e 10-20cm. Realizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ) e os dados foram submetidos ao teste de Dunn. Posteriormente, foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA) para avaliar o grau de dissimilaridade entre os sistemas estudados. Quanto ao uso do solo, os resultados mostraram que nos atributos físicos as diferenças sobressaíram entre os quintais e as lavouras com a mata nativa na Micro, Macro e Pt. A área A apresentou maiores diferenças significativas entre as lavouras e a mata nativa, em nove das 18 variáveis estudadas quanto aos atributos químicos, enquanto na área B, os quintais e as lavouras se diferiram em maior número de atributos com a mata nativa. Analisando o manejo realizado, nota-se que os atributos físicos de Ds e Pt se destacaram nas lavouras 2 e 3 e no quintal agroflorestal 6 na área A. Na área B, as lavouras 1 e 3, os quintais 1 e 3 se sobressaíram. Na área A, os quintais 2, 5 e 6 e na área B os quintais 1, 5 e 6 apresentaram as maiores semelhanças com a mata nativa nos teores de MO, C e N. O uso do solo através de quintais agroflorestais promoveu mudanças a curto prazo nos atributos físicos e químicos do solo e, dessa forma, possuem grande potencial de proporcionar melhorias consistentes nos atributos do solo ao longo do tempo.

**Palavras-chaves:** Manejo do solo. Agricultura familiar. Sistemas agroflorestais.

---

<sup>2</sup> O presente capítulo está no formato de artigo científico, o qual pretende-se submeter para publicação na revista científica Geoderma Regional. O artigo está em consonância com as normas de formatação vigentes da revista.

## AGROFORESTRY BACKYARDS IMPROVE SOIL ATTRIBUTES IN AGRARIAN REFORM SETTLEMENTS IN PAMPA

### ABSTRACT

Soil is the fundamental basis of production systems, acting as a physical and nutritious substrate for plants. Therefore, understanding the impact of use and management on soil quality is essential for the development of balanced systems. The objective of this study is to evaluate soil quality under different agroforestry backyards in agrarian reform settlements, in two physiographic regions of the Pampa biome, southern Brazil. Six agroforestry backyards, six crops and a native forest were analyzed as a reference area in the two areas studied, called area A (municipality of Júlio de Castilhos) and area B (municipality of Piratini). To analyze the soil quality, the physical and chemical attributes of the soil were measured. First, the attributes were analyzed in terms of land use and, subsequently, to assess the influence of the management carried out in each system, a paired analysis of the data was performed. The physical attributes evaluated were: soil density (Ds), macroporosity (Macro), microporosity (Micro) and total porosity (Pt) at a depth of 0-10cm. The chemical attributes were: pH (H<sub>2</sub>O), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminum (Al), effective cation exchange capacity (effective CTC), cations at pH7 (CTC pH7), potential acidity (H+Al), base saturation (V%), aluminum saturation (m%), organic matter (MO), boron (B), copper (Cu), Sulfur (S), Zinc (Zn), Carbon (C%) and Nitrogen (N%) at depths of 0-10cm and 10-20cm. The non-parametric Kruskal-Wallis test was performed ( $p < 0.05$ ) and the data were submitted to the Dunn test. Subsequently, Principal Component Analysis (PCA) was performed to assess the degree of dissimilarity between the studied systems. As for land use, the results showed that the differences in physical attributes stood out between backyards and crops with native forest in Micro, Macro and Pt. Area A showed greater significant differences between crops and native forest, in nine of the 18 variables studied in terms of chemical attributes, while in area B, backyards and crops differed in a greater number of attributes with native forest. Analyzing the management carried out, it is noted that the physical attributes of Ds and Pt stood out in crops 2 and 3 and in agroforestry yard 6 in area A. In area B, crops 1 and 3, yards 1 and 3 stood out. In area A, backyards 2, 5 and 6 and in area B, backyards 1, 5 and 6 showed the greatest similarities with the native forest in terms of OM, C and N. The use of soil through agroforestry backyards promoted changes to short-term changes in soil physical and chemical attributes and, therefore, have great potential to provide consistent improvements in soil attributes over time.

**Keywords:** Soil management. Family farming. Agroforestry systems.

### 1. Introdução

A degradação do solo e seus impactos sobre o meio ambiente tem sido um dos principais desafios do século XXI (FAO, 2015). Cerca de 33% dos solos do mundo estão degradados devido as práticas insustentáveis, e mais de 10 milhões de pessoas tiveram que deixar os seus países de origem pelo agravamento da seca, erosão do solo, desertificação e desmatamento (Matos et al., 2022). Além disso, a conversão de florestas nativas em áreas agrícolas

convencionais, promove mudanças negativas nas propriedades do solo e serviços ecossistêmicos (Lavelle et al., 2014; Celentano et al., 2017). A significativa perda de carbono, aumento da densidade, declínio do espaço de aeração e da infiltração de água, intensificam a degradação do solo (Fujisaki et al., 2015; Cherubin et al., 2016a, Cherubin et al., 2016b; De Stefano; Jacobson, 2017; Durigan et al. 2017).

Diante disso, para atender às necessidades de segurança alimentar da população mundial, é necessária uma produção sustentável que requer solos saudáveis, controle eficaz de pragas e doenças e adaptação às mudanças climáticas (Blaser et al., 2018). Os sistemas agroflorestais se caracterizam como um cultivo simultâneo entre espécies arbóreas e agrícolas (Altieri, 2012) e representam uma alternativa eficiente para a produção de alimentos e outros insumos necessários as famílias agricultoras (Nair, 2011; Somarriba et al., 2012). Além disso, se destacam como uma estratégia para reverter a degradação através da melhoria da qualidade e fertilidade do solo, atuando nas propriedades físico-químicas (Dollinger; Jose, 2018; Da Luz et al., 2019; Matos et al., 2020).

Os quintais agroflorestais são um tipo de sistema agroflorestal, definidos como sistemas tradicionais de uso do solo praticado pelas famílias agricultoras (Almeida; Gama, 2014). Compreendem o local ao redor ou próximo das residências e consistem na associação de espécies florestais, agrícolas, medicinais, ornamentais e criação de animais, garantindo assim, a subsistência da família (Santos; Steward, 2018). A diversidade associada à composição florestal e às práticas de manejo nos quintais agroflorestais, se configuram com alto potencial para o sequestro de carbono, além de serem responsáveis pelo aumento da ciclagem de nutrientes e matéria orgânica no solo (Saha et al., 2009).

A qualidade do solo depende em grande parte do seu uso e manejo, o que tem aumentado a preocupação sobre as práticas realizadas como um fator determinante na sustentabilidade em paisagens agrícolas, impulsionando a demanda por indicadores para monitorar as mudanças na qualidade do solo (Van Noordwijk et al., 2019). Contudo, a maioria dos estudos já realizados nos quintais se concentraram em seu componente vegetativo, o que justifica a necessidade de mais pesquisas relacionadas à qualidade do solo nesses sistemas (Junqueira et al., 2016). Embora os benefícios a longo prazo dos quintais agroflorestais sejam mais evidentes, as informações sobre os efeitos do manejo do solo a curto prazo são limitadas e, sendo assim, estudos sobre as mudanças que estes sistemas podem ocasionar nas condições físicas e químicas dos solos brasileiros ainda são incipientes (Stocker et al., 2020).

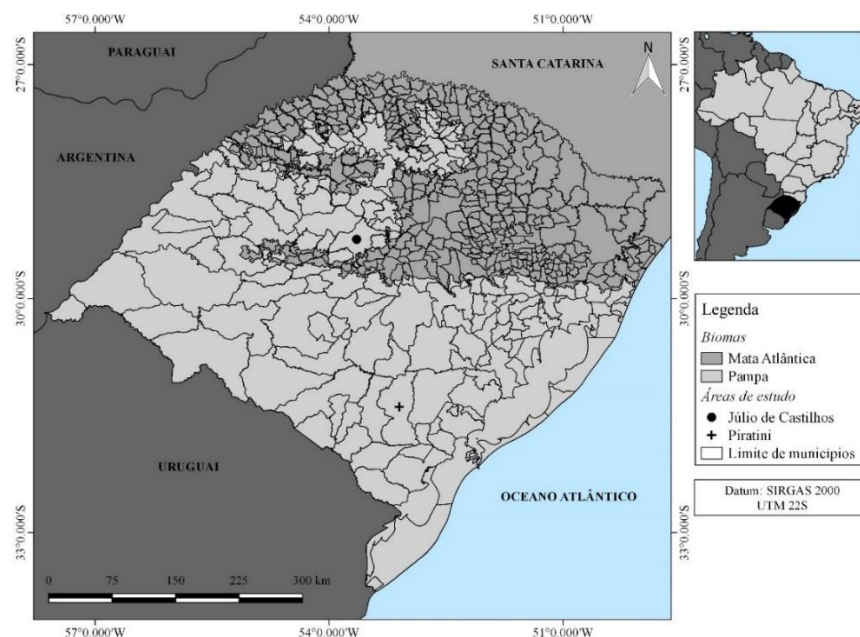
Diante disso, acreditando no potencial dos quintais agroflorestais, surge o Programa Conexus Bioma Pampa, desenvolvido pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de

Áreas Degradadas (NEPRADE) e pelo Núcleo de Estudos em Agricultura Familiar (NESAF) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), para atuar com as famílias assentadas da reforma agrária assistidas pelo Projeto Quintais Sustentáveis no bioma Pampa. Nesse contexto, o objetivo deste estudo é avaliar a qualidade do solo sob diferentes quintais agroflorestais nos assentamentos da reforma agrária em duas regiões fisiográficas do bioma Pampa, Sul do Brasil. Testamos as hipóteses de que: a) os quintais agroflorestais proporcionam melhorias na qualidade física e química do solo em relação a sistemas agrícolas tradicionais; b) os diferentes usos do solo e as práticas de manejo interferem na qualidade do solo.

## 2. Materiais e métodos

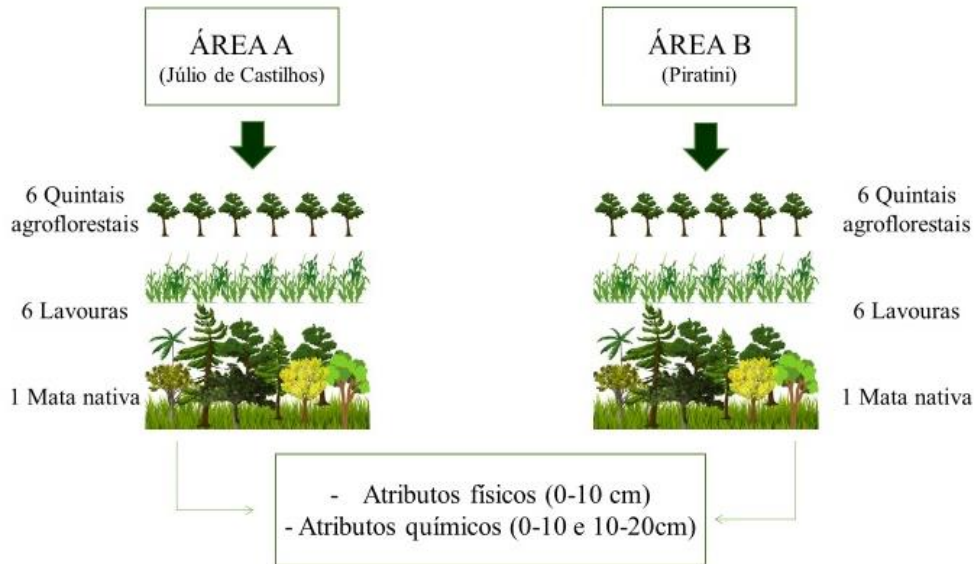
### 2.1 Local de estudo

O estudo foi realizado em propriedades familiares de assentamentos da reforma agrária em duas regiões fisiográficas do Pampa, no Sul do Brasil. As regiões foram o Planalto/Central e a Serra do Sudeste, representadas pelos municípios de Júlio de Castilhos (29°13'37"S, 53°40'54"W) e Piratini (31°26'53"S, 53°06'15" W) respectivamente, no Rio Grande do Sul (Figura 7). O clima das regiões é subtropical úmido (Cfa), com temperatura média anual de 18°C (Alvares et al. 2013) e precipitação média anual de  $1900 \pm 90$  mm nos últimos 5 anos (Stocker et al., 2020). A vegetação é composta de mosaico de campo e floresta, característica do bioma Pampa (Overbeck et al., 2015, Guarino et al., 2018).



**Figura 7.** Localização dos municípios de Júlio de Castilhos e Piratini, bioma Pampa, Sul do Brasil. Fonte: (Autor, 2023).

Neste estudo, foram considerados 26 arranjos de usos e manejo do solo, uma vez que em cada região foram analisados seis quintais agroflorestais, seis lavouras e uma mata nativa como área de referência (Figura 8). Sendo assim, as regiões estudadas foram denominadas de área A, correspondente ao município de Júlio de Castilhos e área B ao município de Piratini.



**Figura 8.** Representação da metodologia de amostragem das áreas utilizada nos assentamentos da reforma agrária, bioma Pampa, Sul do Brasil.  
Fonte: (Autor, 2023).

Em cada propriedade familiar foram analisadas as áreas de quintais e lavouras manejadas pelas famílias assentadas, com histórico de uso pretérito do solo distintos, cultivos agrícolas semelhantes e diferentes arranjos agroflorestais. As informações sobre o histórico de uso pretérito do solo dos quintais e lavouras, juntamente com a caracterização das matas nativas estão na Tabela 2 e as imagens dos quintais podem ser verificadas no Apêndice C.

**Tabela 2.** Caracterização do histórico de uso pretérito do solo e manejos realizados nos quintais agroflorestais, lavouras e matas nativas analisadas nos assentamentos da reforma agrária nos municípios de Júlio de Castilhos e Piratini, Sul do Brasil, bioma Pampa.

(continua)

Uso do solo	Localização	Área (ha)	Histórico
Quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa na área A			
Q1	Assentamento Alvorada	0,2	Plantio de árvores frutíferas com o aproveitamento de algumas entrelinhas para o plantio de morango (devido ao bom sombreamento existente para a cultura durante o verão). Recobrimento do solo com cucurbitáceas durante o verão e roçada das gramíneas espontâneas quando se demonstra necessário.
L1	Assentamento Alvorada	1,93	Lavoura destinada à produção de grãos durante o verão e pastagens durante o inverno. O manejo se dá de forma



(continuação)

			convencional com utilização de fertilizantes sintéticos e revolvimento do solo através da gradagem antes do plantio.
Q2	Assentamento Alvorada	0,03	Quintal constituído principalmente por citrus, a cobertura do solo é pouco significativa, principalmente pelo acesso de aves na área. Cultivam plantas medicinais nas entrelinhas. Utilizaram adubo orgânico e calcário na implantação das espécies e atualmente usam adubação orgânica e esterco suíno de forma localizada. Plantavam azevém para cobertura do solo, mas atualmente não plantam mais. Realizam capina duas vezes por ano.
L2	Assentamento Alvorada	1,8	Lavoura destinada à produção de grãos para a comercialização, principalmente de soja. Os cultivos anteriores foram de milho e azevém. Há mais de cinco anos realizam o plantio direto e a última correção de acidez foi realizada a três anos. Realizam manejo convencional da lavoura com utilização de fertilizantes sintéticos duas vezes por ano e agrotóxicos quando julgam necessário no cultivo da soja. A camada de cobertura do solo consiste no aproveitamento das culturas anteriores, principalmente da palhada de milho.
Q3	Assentamento Alvorada	0,03	O quintal apresenta quebra ventos formados por capim elefante que são cortados esporadicamente e colocados ao redor das espécies presentes no quintal, contribuindo na cobertura de solo. Há presença de aves e realizam o cultivo de mandioca e amendoim nas entrelinhas. Utilizaram adubo orgânico e calcário na implantação. Não utilizam agrotóxicos e realizam roçadas a cada três meses.
L3	Assentamento Alvorada	0,96	Lavoura destinada à produção de grãos comerciais, principalmente de soja. Últimos cultivos foram de aveia e azevém. Utilizaram calcário no ano anterior. Utilizam agrotóxico no cultivo de soja e realizam o plantio direto.
Q4	Assentamento Ramada	0,24	Há árvores de tamanhos bem distintos, a cobertura do solo é baixa e ocorre a invasão de <i>Phyllostachys aurea</i> (bambu). Realizam o controle manual das brotações de bambu, mas, mesmo assim, a espécie avança dominando as entrelinhas. Utilizaram adubo orgânico na implantação e calcário no ano anterior. Utilizam como adubação de cobertura esterco bovino e silagem em decomposição. A cobertura do solo é composta de milho e ervilhaca. Realizam roçadas com frequência.
L4	Assentamento Ramada	2,7	Lavoura dedicada especialmente à produção de silagem para a alimentação do gado leiteiro, consistindo basicamente em milho e sorgo durante o verão e aveia preta com nabo forrageiro durante o inverno. Os plantios e manejos são realizados de forma convencional, com revolvimento de solo (gradagem), utilização de fertilizantes sintéticos e agrotóxico quando julgam necessário.
Q5	Assentamento Ramada	0,01	Quintal biodiverso, plantam mandioca, milho e feijão nas entrelinhas durante o verão, época na qual também realizam o plantio de cucurbitáceas junto às mudas arbóreas. Realizam o plantio em núcleos de muvuca de adubos verdes (feijão de porco e girassol). Utilizam esterco bovino na adubação de cobertura e

(continuação)

			não utilizaram calcário no momento da implantação. Não realizam capina e não utilizam agrotóxicos. Realizam roçadas frequentemente.
L5	Assentamento Ramada	1	Área dedicada à produção de forragens para a bovinocultura de leite, principalmente para ter um estoque durante os períodos mais frios. A cultura principal é o milho e durante o inverno a aveia nasce espontaneamente na área. Utilizam esterco bovino e urina na adubação três vezes por ano. Realizam o plantio direto e não utilizam agrotóxicos.
Q6	Assentamento Ramada	0,051	A cobertura do solo é composta pela serapilheira e vegetação espontânea. Há presença de animais como suínos e aves no quintal. Não realizam adubações e esporadicamente utilizam herbicidas nas bordas do quintal.
L6	Assentamento Ramada	1,9	Lavoura dedicada à produção forrageira para a bovinocultura e cultivo de trigo. Realizam o plantio direto por aproximadamente dois anos. A cobertura do solo é composta pelo plantio de adubação verde, principalmente de nabo forrageiro, que já se demonstra espontâneo na área.
Mata	Assentamento Alvorada	10	A vegetação encontra-se em estágio avançado de sucessão ecológica, com espécies climáticas de grande porte, baixa incidência luminosa no seu interior e abundante camada de serapilheira. Há presença de sub-bosque no interior da floresta e o acesso de gado fica restrito às margens na face oeste onde realizam a dessedentação em um pequeno córrego e nascente existentes. A área possui inclinação moderada e situa-se na porção final do relevo, possui formato irregular alongado e apresenta baixos sinais de intervenção humana em seu interior, verificados em caminhamento. Apesar de encontrar-se sob matriz produtiva de soja, altamente dominante na paisagem da região, a área no geral apresenta-se em bom estado de conservação.

## Quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa na área B

vQ1	Assentamento Conquista da Liberdade	0,096	Possuem uma produção diversificada e conseguem aproveitar o espaço que contém na propriedade. A cobertura do solo é formada principalmente utilizando azevém e o manejo através de roçadas periódicas. Utilizaram calcário na implantação do quintal e não utilizam agrotóxicos.
L1	Assentamento Conquista da Liberdade	2	A área estava revolvida com gradagem para plantio de milho. Os cultivos anteriores foram de aveia, azevém e pastagem. Utilizam adubação orgânica como esterco líquido (suíno ou bovino). Não utilizam agrotóxicos.
Q2	Assentamento Fortaleza	0,056	A cobertura do solo é caracterizada pela presença de azevém e nas entrelinhas do quintal realizam consórcio de milho com cucurbitáceas, reaproveitando a palhada do milho na cobertura do solo. Não utilizam agrotóxicos e não utilizaram calcário na implantação do quintal.
L2	Assentamento Fortaleza	8	Último cultivo foi o plantio de soja. Atualmente tem plantado azevém, aveia ucraniana e nabo forrageiro. Utilizam fertilizantes sintéticos uma vez por ano e agrotóxicos no cultivo da soja. Para o preparo do solo realizam o plantio direto.

(continuação)

Q3	Assentamento Fortaleza	0,011	O solo é coberto por gramíneas nativas e espécies espontâneas. No entorno do quintal foram plantadas várias espécies de flores, com o objetivo de atrair formigas. Animais como bovinos e aves têm acesso a área. O histórico de uso do solo anterior ao quintal era de plantio de azevém. Utilizam esterco de aves como adubação de cobertura, não utilizam agrotóxicos e realizam capinas.
L3	Assentamento Fortaleza	2,5	Os últimos plantios foram de milho, batata doce e mandioca. Atualmente tem plantado azevém. Utilizam fertilizantes sintéticos no plantio e agrotóxicos (secante) na lavoura. Para o preparo do solo realizam gradagem uma vez por ano.
Q4	Assentamento Santo Antônio	0,091	A cobertura do solo é composta de espécies espontâneas e gramíneas, sendo o manejo realizado através de roçadas com pouca frequência. O histórico pretérito de uso do solo é o plantio de feijão, mandioca e batata-doce. Utilizaram adubos orgânicos na implantação, não utilizaram calcário e agrotóxicos.
L4	Assentamento Santo Antônio	2	Para o preparo do solo fazem gradagem. O plantio atual é de abacaxi. Os últimos cultivos foram de mandioca, batata-doce, feijão, melancia, melão, milho. Utilizaram fertilizantes sintéticos e agrotóxico (secante) na lavoura em anos anteriores. Atualmente utilizam esterco de aves.
Q5	Assentamento Santo Antônio	0,145	O quintal possui grande diversidade de espécies. Anteriormente, na área do quintal havia um chiqueiro de suínos, situado atualmente na lateral do quintal. A família costumava plantar milho e feijão. A adubação é realizada com esterco de peru, restos de podas e utilizaram calcário na implantação. Não utilizam agrotóxicos e a cobertura do solo é composta de espécies espontâneas. Há presença de aves soltas no quintal e por isso não realizam roçadas.
L5	Assentamento Santo Antônio	0,5	Área cultivada atualmente com alho, cebola e azevém. Os últimos cultivos foram de cebola, alho, batata-doce, azevém, amendoim e melancia. Na adubação já utilizaram calcário, mas, atualmente, utilizam apenas esterco. Não utilizam agrotóxicos e o preparo do solo é através de aração e gradagem.
Q6	Assentamento Ferraria	0,063	O lote tem solo raso e quando há elevados volumes de chuva, parte da área alaga por falta de infiltração, segundo relato da família. A cobertura do solo é mantida por roçadas de gramíneas nativas e de azevém duas vezes por ano. O histórico pretérito de uso do solo é o plantio de milho. Utilizam como adubação de cobertura estercos variados disponíveis na propriedade (bovino, suíno e de coelho). Utilizaram calcário na implantação do quintal e já utilizaram calda bordalesa. Não utilizam agrotóxicos.
L6	Assentamento Ferraria	0,02	Os últimos cultivos foram de batata-doce, milho, feijão, abóbora, moranga e hortaliças em geral. Atualmente cultivam azevém, feijão-fava e mostarda. Utilizam adubação orgânica, proveniente de esterco bovino, de galinha, de porco e de coelho (separadamente), com bastante frequência (semanalmente). Não utilizam agrotóxicos e realizam o plantio direto.
Mata	Quilombo Rincão da Faxina	3,27	A vegetação encontra-se em estágio secundário de sucessão ecológica, média a alta incidência luminosa no seu interior e considerável camada de serapilheira. Há

(conclusão)

presença de sub-bosque no interior da floresta, o acesso de gado foi impedido a aproximadamente 5 anos, a partir do cercamento e proteção de nascentes realizados na área. A área possui alta inclinação, com formato irregular alongado e apresenta moderados sinais de intervenção humana em seu interior, verificados em caminhamento. O solo não é profundo, apresenta abundantes afloramentos rochosos basálticos. A área representa bem o contexto das áreas de vegetação nativa da região. As áreas lindeiras são caracterizadas pela presença de cultivos anuais, fruticultura e pastoreio bovino em pastagem natural e cultivada nas demais faces.

Fonte: (Autor, 2023). Em que: Q= Quintal Agroflorestal; L= Lavoura; Mata= Mata nativa; Área A= município de Júlio de Castilhos, RS; Área B= município de Piratini, RS.

Os quintais foram implantados no ano de 2016, através do Projeto Quintais Sustentáveis - cooperação entre Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e Secretaria de Desenvolvimento Rural, Pesca e Cooperativismo do Rio Grande do Sul (SEAPDR) - mediante recursos financeiros do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS). Sendo assim, não há grande variação na composição das espécies dos quintais estudados (Apêndice B – Tabela S3).

O solo nas áreas de estudo foi classificado de acordo com a classe de solo regional, sendo Cambissolo na área A e como Argissolo na área B (Streck et al., 2018).

## 2.2 Amostragem de solo e análises físicas e químicas

As amostras de solo foram coletadas em cada propriedade familiar, tanto no quintal agroflorestal como na lavoura e, em cada região foi escolhida uma área de mata para referência.

Os atributos físicos do solo analisados foram densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Macro) e microporosidade (Micro) em mesa de tensão de 6 kPa (Embrapa, 1997), em amostras com estrutura preservada na camada de 0-10 cm, com três repetições por trincheira e uma trincheira por área. As amostras foram processadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos da UFSM.

As análises químicas foram realizadas nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm, sendo constituídas de amostras deformadas, composta a partir de três amostras simples por área. Nas determinações dos atributos químicos do solo, foram realizadas análise de pH (H<sub>2</sub>O), teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), alumínio (Al), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC efetiva), capacidade de troca de cátions a pH7 (CTC pH7), acidez potencial (H+Al), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), matéria

orgânica (MO), boro (B), cobre (Cu) e zinco (Zn), segundo Tedesco et al. (1995). As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos (LAS) da UFSM. Na determinação de carbono (C) e nitrogênio (N) no solo, foram coletadas amostras não preservadas nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm em três pontos por área. As amostras foram analisadas no Laboratório de Biotransformações de Carbono e Nitrogênio (UFSM) pelo método de combustão seca. Todas as coletas de solo foram realizadas no período de 2020 a 2021.

### 2.3 Análise dos dados

Os dados das variáveis de solo foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk e Bartlett para verificar as pressuposições de normalidade e homogeneidade de variância ( $p > 0,05$ ) respectivamente. Entretanto, as pressuposições não foram atendidas. Desse modo, foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ) e para verificar diferenças significativas entre as áreas estudadas, os dados foram submetidos ao teste de Dunn, pacote *Dunn.test* do programa R (R Core Team, 2022).

Posteriormente, foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA) para avaliar o grau de dissimilaridade entre os sistemas estudados, analisando juntamente com os atributos físicos e químicos, o número de espécies presente em cada quintal agroflorestal, com a finalidade de observar as possíveis interações com os demais atributos e sistemas analisados, utilizando os pacotes *Factorextra* e *ggplot* do programa R (R Core Team, 2022).

As análises foram realizadas no ambiente estatístico R, com interface do Rstudio (R Core Team, 2022).

## 3. Resultados

### 3.1. Análise da qualidade do solo quanto ao uso na área A

#### 3.1.1. Atributos físicos e químicos

De modo geral, os quatro atributos de qualidade física do solo analisados, evidenciaram as diferenças entre a mata nativa com os quintais agroflorestais e as lavouras. Nota-se que houve diferença significativa entre a mata nativa com os quintais agroflorestais e as áreas de lavouras na microporosidade (Micro) e porosidade total (Pt) (Tabela 3). Os quintais e as lavouras

diferiram apenas na macroporosidade (Macro). Não se estabeleceu diferença significativa entre os quintais agroflorestais, as lavouras e a mata nativa na densidade do solo (Ds).

Analisando os atributos químicos do solo, observa-se que a maioria das diferenças significativas entre as variáveis estudadas se estabeleceram entre as áreas de lavouras com a mata nativa, seguida das áreas de quintais agroflorestais com a mata e, por último, entre os quintais e as lavouras (Tabela 3).

Entre as 18 variáveis analisadas, nove apresentaram diferença significativa entre as áreas de lavouras com a mata nativa, destacando o nitrogênio (N), pH (H<sub>2</sub>O), fósforo (P), potássio (K), alumínio (Al), saturação por alumínio (m%), zinco (Zn), cobre (Cu) e enxofre (S). Já entre as áreas de quintais agroflorestais e a mata nativa, das variáveis citadas acima apenas 3 não tiveram diferença significativa, sendo o K, Zn e Cu. As áreas de quintais e lavouras se diferiram quanto os teores de K, matéria orgânica (MO), Capacidade de Troca de Cátions a pH7 (CTC pH7), Zn e Cu.

Nota-se que o N obteve diferença significativa apenas entre as lavouras e a mata nativa. A acidez potencial (H+Al) se diferiu entre os quintais e a mata nativa. A MO e a CTC pH7, apresentaram diferença apenas entre os quintais agroflorestais e as lavouras. Seis variáveis não apresentaram diferença significativa entre os diferentes usos do solo na área A, com destaque para o carbono (C), cálcio (Ca), magnésio (Mg), Capacidade de Troca de Cátions efetiva (CTC efetiva), saturação por bases (V%) e o boro (B).

**Tabela 3.** Atributos físicos e químicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Júlio de Castilhos, bioma Pampa, Sul do Brasil.

(continua)

Atributos físicos	SISTEMAS DE USO DO SOLO		
	Q X Mata	L X Mata	Q X L
Ds (g/cm <sup>-3</sup> )	0,2021	0,1146	0,2455
Micro (%)	0,0115*	0,029*	0,234
Macro (%)	0,4842	0,072	0,0048*
Pt (%)	0,0295*	0,0045*	0,1125
Atributos químicos	SISTEMAS DE USO DO SOLO		
	Q X Mata	L X Mata	Q X L
N (%)	0,069	0,01*	0,0671
C (%)	0,2704	0,0901	0,0865
pH (H <sub>2</sub> O)	0,0018*	0,0299*	0,3572
P (mg/dm <sup>-3</sup> )	0,0175*	0,024*	0,3582
K (mg/dm <sup>-3</sup> )	0,1686	0,0015*	0,0001*

(conclusão)

MO (%)	0,2549	0,0506	0,0486*
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0081*	0,0053*	0,3953
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,3311	0,128	0,084
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,2141	0,2258	0,4705
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0447*	0,0865	0,265
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,3803	0,301	0,0611
CTC pH7 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,167	0,49	0,0320*
V (%)	0,1383	0,0883	0,3115
m (%)	0,0241*	0,0115*	0,2879
Zn (mg/dm <sup>-3</sup> )	0,167	0,0004*	0,0001*
Cu (mg/dm <sup>-3</sup> )	0,3517	0,0158*	0,0005*
S (mg/dm <sup>-3</sup> )	0,0240*	0,0280*	0,4493
B (mg/dm <sup>-3</sup> )	0,275	0,4348	0,077

Fonte: (Autor, 2023). Em que: Ds (g/cm<sup>-3</sup>)= densidade do solo; Micro (%)= microporosidade; Macro (%)= macroporosidade; Pt (%)= porosidade total; N (%)= nitrogênio; C (%)= carbono; pH (H<sub>2</sub>O); P (mg/dm<sup>3</sup>)= fósforo; K (mg/dm<sup>3</sup>)= potássio; MO (%)= matéria orgânica; Al (cmol<sub>c</sub>dm<sup>3</sup>)= alumínio; Ca (cmol<sub>c</sub>dm<sup>3</sup>)= cálcio; Mg (cmol<sub>c</sub>dm<sup>3</sup>)= magnésio; H+Al (cmol<sub>c</sub>dm<sup>3</sup>)= acidez potencial; CTC efetiva (cmol<sub>c</sub>dm<sup>3</sup>)= Capacidade de Troca de Cátions efetiva; CTC pH7 (cmol<sub>c</sub>dm<sup>3</sup>)= Capacidade de Troca de Cátions a pH7; V (%)= saturação de bases; m (%)= saturação por alumínio; Zn (mg/dm<sup>3</sup>)= zinco; Cu (mg/dm<sup>3</sup>)= cobre; S(mg/dm<sup>3</sup>)= enxofre; B (mg/dm<sup>3</sup>)= boro; Q= quintal agroflorestal; L= lavoura e Mata= Mata nativa.

\*(p<0,05) apresenta diferença significativa entre os sistemas estudados pelo teste de Dunn.

### 3.2. Análise da qualidade do solo quanto ao manejo área A

#### 3.2.1 Atributos físicos

Analisando os diferentes sistemas em cada propriedade separadamente, nota-se a diferença significativa entre o quintal agroflorestal 1 (Q1) e a lavoura 1 (L1) com a mata nativa na microporosidade (Micro) e o Q1 e a mata na porosidade total (Pt) (Tabela 4). O quintal agroflorestal 2 (Q2) apresentou diferença com a mata nativa apenas na Pt e a lavoura 2 (L2) na densidade do solo (Ds), Micro e Pt em comparação com a mata. A lavoura 3 (L3) se diferiu com a mata nativa na Ds e na Pt. A lavoura 4 (L4) apresentou diferença com a mata na Micro, Macro e Pt e a mata com o quintal agroflorestal 4 (Q4) apenas na Micro. O Q4 e a L4 se diferiram significativamente na Macro e Pt. O quintal agroflorestal 5 (Q5) não apresentou diferença significativa quanto aos atributos físicos analisados. A lavoura 6 (L6) e a mata se diferiram na Micro, Macro e Pt. O quintal agroflorestal 6 (Q6) apresentou diferença na Ds, Micro e Pt com a mata nativa.

**Tabela 4.** Atributos físicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa sob diferentes manejos nos assentamentos da reforma agrária no município de Júlio de Castilhos, bioma Pampa, Sul do Brasil.

SISTEMAS	ATRIBUTOS FÍSICOS			
	Ds (g/cm <sup>-3</sup> )	Micro (%)	Macro (%)	Pt (%)
Q1 x L1	0,2649	0,1414	0,2174	0,2369
Q1 x Mata	0,175	0,003*	0,1171	0,0263*
L1 x Mata	0,3801	0,010*	0,3337	0,0926
Q2 x L2	0,242	0,111	0,2714	0,1252
Q2 x Mata	0,101	0,226	0,1051	0,0339*
L2 x Mata	0,024*	0,024*	0,401	0,0015*
Q3 x L3	0,095	0,3081	0,1051	0,0886
Q3 x Mata	0,289	0,4431	0,429	0,3873
L3 x Mata	0,031*	0,306	0,076	0,0498*
Q4 x L4	0,1945	0,4149	0,0040*	0,0181*
Q4 x Mata	0,374	0,010*	0,1951	0,226
L4 x Mata	0,2951	0,0173*	0,037*	0,0022*
Q5 x L5	0,3773	0,2071	0,4872	0,2369
Q5 x Mata	0,3204	0,158	0,4572	0,1688
L5 x Mata	0,2148	0,428	0,4715	0,4011
Q6 x L6	0,4077	0,0868	0,0618	0,4219
Q6 x Mata	0,0322*	0,0061*	0,2868	0,009*
L6 x Mata	0,051	0,0482*	0,0173*	0,0018*

Fonte: (Autor, 2023). Em que: Ds (g/cm<sup>-3</sup>)= densidade do solo; Micro (%)= microporosidade; Macro(%)= macroporosidade; Pt (%)= porosidade total; L1= Lavoura 1; L2= Lavoura 2; L3= Lavoura 3; L4= Lavoura 4; L5= Lavoura 5; L6= Lavoura 6; Mata= Mata nativa; Q1= Quintal agroflorestal 1; Q2= Quintal agroflorestal 2; Q3= Quintal agroflorestal 3; Q4= Quintal agroflorestal 4; Q5= Quintal agroflorestal 5; Q6= Quintal agroflorestal 6.

\*(p<0,05) apresenta diferença significativa entre os sistemas estudados pelo teste de Dunn.

### 3.2.2. Atributos químicos

Observa-se que tanto o Q1 quanto a L1 apresentaram diferença significativa com a mata nativa em 9 atributos, sendo eles C (carbono), pH (H<sub>2</sub>O), Al (alumínio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), CTC efetiva (Capacidade de Troca de Cátions efetiva), m% (saturação por alumínio), Zn (zinco) e S (enxofre) (Tabela 5). A L1 e a mata também se diferiram em MO (matéria orgânica), P (fósforo), V% (saturação de bases) e Cu (cobre). Entre o Q1 e L1 a diferença se estabeleceu quanto aos teores de P, Cu e B (boro).

Ao comparar Q2 com a L2 e a mata nativa, foi possível observar que as diferenças significativas se concentraram entre o quintal e a lavoura na maioria dos atributos, não se diferenciando apenas nos teores de B, P, Mg (magnésio) e S. Q2 apresentou diferença com a mata



nativa quanto aos teores de P, Ca (cálcio), CTC pH7 (Capacidade de Troca de Cátions a pH7) e CTC efetiva. L2 e a mata apresentaram diferenças para pH, K (potássio), MO, Al, H+Al (acidez potencial), m%, Zn e S.

Assim como com o Q1 e L1, o Q3 e L3 também apresentaram diferença em maior número de atributos com a mata nativa, com destaque para o pH, K, Al, H+Al, CTC pH7 e Zn. Q3 e a mata se diferiram nos teores de Cu e m%. Apenas em relação ao P se diferiram o Q3 e L3.

Q4 foi o único sistema que apresentou maior diferença significativa com a mata nativa na maioria dos atributos analisados, sendo eles o N (nitrogênio), pH, K, MO, Al, Ca, Mg, H+Al, V%, m%, Zn, Cu e S.

Q5 e L5, assim como Q6 e L6, diferiram significativamente entre os quintais e as lavouras no maior número de atributos, assim como o Q2 e L2. Q5 e L5 obtiveram a maior diferença significativa para os teores de P, Mg, Zn, S e CTC pH7. Q5 e a mata nativa apenas apresentaram diferença entre P, MO e S e a L5 e mata nativa somente quanto aos teores de Zn. Q6 e L6 diferiram-se nos teores de N, C, pH, K, MO, Al, H+Al, CTC pH7, V% e Zn. A mata estabeleceu diferença apenas quanto ao pH, P, Al, H+Al e m% com Q6 e com L6 nos teores de N, C, P, K, MO, Zn e Cu.

**Tabela 5.** Atributos químicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Júlio de Castilhos, bioma Pampa, Sul do Brasil.

SISTEMAS	ATRIBUTOS QUÍMICOS																	
	N	C	pH	P	K	MO	Al	Ca	Mg	H+Al	CTCef	CTCph7	V%	m%	Zn	Cu	S	B
Q1 x L1	0,20	0,22	0,27	0,02*	0,28	0,11	0,19	0,24	0,27	0,37	0,36	0,40	0,20	0,20	0,13	0,01*	0,11	0,03*
Q1 x Mata	0,07	0,03*	0,00*	0,30	0,14	0,17	0,00*	0,02*	0,03*	0,12	0,03*	0,17	0,05	0,00*	0,04*	0,38	0,00*	0,15
L1 x Mata	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,05	0,01*	0,00*	0,00*	0,00*	0,07	0,01*	0,24	0,00*	0,00*	0,02*	0,00*	0,02*	0,23
Q2 x L2	0,03*	0,02*	0,00*	0,47	0,00*	0,00*	0,01*	0,00*	0,07	0,04*	0,00*	0,02*	0,00*	0,01*	0,01*	0,01*	0,10	0,09
Q2 x Mata	0,25	0,13	0,36	0,00*	0,22	0,17	0,40	0,02*	0,09	0,49	0,00	0,01*	0,14	0,41	0,21	0,11	0,20	0,27
L2 x Mata	0,14	0,23	0,01*	0,33	0,00*	0,02*	0,00*	0,18	0,45	0,04*	0,37	0,38	0,10	0,01*	0,01*	0,14	0,01*	0,38
Q3 x L3	0,38	0,38	0,45	0,02*	0,20	0,48	0,47	0,47	0,49	0,46	0,40	0,38	0,49	0,50	0,40	0,22	0,29	0,46
Q3 x Mata	0,34	0,38	0,02*	0,13	0,01*	0,37	0,00*	0,43	0,08	0,00*	0,18	0,02*	0,08	0,02*	0,02*	0,03*	0,27	0,15
L3 x Mata	0,23	0,49	0,03*	0,18	0,00*	0,39	0,00*	0,46	0,08	0,00*	0,12	0,01*	0,08	0,03	0,04*	0,14	0,12	0,18
Q4 x L4	0,16	0,10	0,02*	0,10	0,01*	0,08	0,04*	0,26	0,28	0,03*	0,16	0,01*	0,23	0,10	0,20	0,05	0,32	0,40
Q4 x Mata	0,00*	0,05	0,00*	0,17	0,00*	0,03*	0,00*	0,00*	0,04*	0,00*	0,14	0,21	0,00*	0,00*	0,01*	0,02*	0,04*	0,17
L4 x Mata	0,07	0,38	0,09	0,01*	0,1	0,35	0,01*	0,02*	0,01*	0,25	0,01*	0,07	0,02*	0,00*	0,00*	0,00*	0,01*	0,11
Q5 x L5	0,13	0,05	0,23	0,00*	0,19	0,10	0,11	0,30	0,01*	0,08	0,25	0,03*	0,22	0,14	0,00*	0,41	0,01*	0,34
Q5 x Mata	0,06	0,11	0,28	0,00*	0,13	0,03*	0,34	0,37	0,26	0,19	0,50	0,13	0,24	0,29	0,5	0,06	0,00*	0,35
L5 x Mata	0,33	0,35	0,44	0,24	0,40	0,31	0,21	0,42	0,07	0,29	0,25	0,24	0,47	0,30	0,00*	0,09	0,18	0,49
Q6 x L6	0,00*	0,00*	0,00*	0,06	0,01*	0,00*	0,03*	0,49	0,18	0,00*	0,27	0,00*	0,02*	0,05	0,00*	0,08	0,21	0,24
Q6 x Mata	0,27	0,36	0,00*	0,00*	0,36	0,41	0,02*	0,36	0,20	0,01*	0,17	0,06	0,13	0,04*	0,25	0,15	0,38	0,23
L6 x Mata	0,00*	0,00*	0,40	0,02*	0,03*	0,00*	0,40	0,35	0,46	0,17	0,36	0,11	0,18	0,44	0,00*	0,00*	0,31	0,49

Fonte: (Autor, 2023). Em que: N (%)= nitrogênio; C (%)= carbono; pH (H<sub>2</sub>O); P (mg/dm<sup>-3</sup>)= fósforo; K (mg/dm<sup>-3</sup>)= potássio; MO (%)= matéria orgânica; Al (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= alumínio; Ca (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= cálcio; Mg (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= magnésio; H+Al (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= acidez potencial; CTC efetiva (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= Capacidade de Troca de Cátions efetiva; CTC pH7 (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= Capacidade de Troca de Cátions a pH7; V (%)= saturação de bases; m (%)= saturação por alumínio; Zn (mg/dm<sup>-3</sup>)= zinco; Cu (mg/dm<sup>-3</sup>)= cobre; S(mg/dm<sup>-3</sup>)= enxofre; B (mg/dm<sup>-3</sup>)= boro; L1= Lavoura 1; L2= Lavoura 2; L3= Lavoura 3; L4= Lavoura 4; L5= Lavoura 5; L6= Lavoura 6; Mata= Mata nativa; Q1= Quintal agroflorestal 1; Q2= Quintal agroflorestal 2; Q3= Quintal agroflorestal 3; Q4= Quintal agroflorestal 4; Q5= Quintal agroflorestal 5; Q6= Quintal agroflorestal 6.

\*(p<0,05) apresenta diferença significativa entre os sistemas estudados pelo teste de Dunn.

### 3.3. Análise da qualidade do solo quanto ao uso na área B

#### 3.3.1. Atributos físicos e químicos

Analisando os sistemas estudados na área B, foi possível observar que as diferenças predominaram entre a mata nativa com os quintais agroflorestais e as lavouras na microporosidade (Micro) e macroporosidade (Macro) (Tabela 6). Os quintais se diferiram das lavouras apenas na densidade do solo (Ds) e não houve diferença significativa entre os sistemas na porosidade total (Pt).

De modo geral, nota-se que os quintais agroflorestais e as lavouras se diferiram em 11 atributos com a mata nativa, destacando o nitrogênio (N), carbono (C), pH (H<sub>2</sub>O), matéria orgânica (MO), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), Capacidade de Troca de Cátions efetiva (CTC efetiva), Capacidade de Troca de Cátions a pH7 (CTC pH7), cobre (Cu), enxofre (S) e boro (B) (Tabela 6). Apenas entre os quintais e a mata se estabeleceu a diferença com o cálcio (Ca) e as lavouras com a mata nativa com o potássio (K). Analisando os quintais agroflorestais e as lavouras, foi possível identificar diferença significativa quanto os teores de N, C, fósforo (P), K, MO, alumínio (Al) e saturação por alumínio (m%).

**Tabela 6.** Atributos físicos e químicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Piratini, bioma Pampa, Sul do Brasil.

(continua)

Atributos físicos	SISTEMAS DE USO DO SOLO		
	Q X Mata	L X Mata	Q X L
Ds (g/cm <sup>-3</sup> )	0,3451	0,0764	0,0268*
Micro (%)	0,0058*	0,0021*	0,2648
Macro (%)	0,0043*	0,0093*	0,3045
Pt (%)	0,2459	0,0609	0,0539
Atributos químicos	SISTEMAS DE USO DO SOLO		
	Q X Mata	L X Mata	Q X L
N (%)	0,0028*	0,0001*	0,0001*
C (%)	0,0015*	0,0001*	0,0019*
pH (H <sub>2</sub> O)	0,0489*	0,0233*	0,2664
P (mg/dm <sup>-3</sup> )	0,3496	0,1909	0,0092*
K (mg/dm <sup>-3</sup> )	0,0585	0,0001*	0,0001*
MO (%)	0,0017*	0,0001*	0,0081*
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,3502	0,0627	0,0159*

(conclusão)

Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0094*	0,0521	0,0873
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0009*	0,0018*	0,3396
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0105*	0,0018*	0,1322
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0008*	0,0008*	0,4958
CTC pH7 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0001*	0,0001*	0,3735
V (%)	0,1525	0,066	0,1855
m (%)	0,4645	0,273	0,0271*
Zn (mg/dm <sup>-3</sup> )	0,194	0,2563	0,3482
Cu (mg/dm <sup>-3</sup> )	0,0001*	0,0002*	0,1862
S (mg/dm <sup>-3</sup> )	0,0008*	0,0007*	0,4617
B (mg/dm <sup>-3</sup> )	0,0001*	0,0001*	0,367

Fonte: (Autor, 2023). Em que: N (%)= nitrogênio; C (%)= carbono; pH (H<sub>2</sub>O); P (mg/dm<sup>-3</sup>)= fósforo; K (mg/dm<sup>-3</sup>)= potássio; MO (%)= matéria orgânica; Al (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= alumínio; Ca (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= cálcio; Mg (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= magnésio; H+Al (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= acidez potencial; CTC efetiva (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= Capacidade de Troca de Cátions efetiva; CTC pH7 (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= Capacidade de Troca de Cátions a pH7; V (%)= saturação de bases; m (%)= saturação por alumínio; Zn (mg/dm<sup>-3</sup>)= zinco; Cu (mg/dm<sup>-3</sup>)= cobre; S(mg/dm<sup>-3</sup>)= enxofre; B (mg/dm<sup>-3</sup>)= boro; Q= quintal agroflorestal; L= lavoura e Mata= Mata nativa.

\*(p<0,05) apresenta diferença significativa entre os sistemas estudados pelo teste de Dunn.

### 3.4. Análise da qualidade do solo quanto ao manejo na área B

#### 3.4.1 Atributos físicos

O quintal agroflorestal 1 (Q1) e a lavoura 1 (L1) diferiram significativamente com a mata nativa na densidade do solo (Ds) (Tabela 7). O Q1 também apresentou diferença com a mata nativa na porosidade total (Pt). Já o quintal agroflorestal 2 (Q2) e o quintal agroflorestal 3 (Q3) estabeleceram diferença com a mata nativa na Micro (microporosidade) e Macro (macroporosidade). O Q3 também se diferiu da lavoura 3 (L3) na Ds e Pt. A L3 obteve diferença significativa com a mata na Micro. O quintal agroflorestal 4 (Q4), quintal agroflorestal 5 (Q5), lavoura 4 (L4) e lavoura 5 (L5) apresentaram diferença com a mata nativa na Micro e Macro. O quintal agroflorestal 6 (Q6) se diferiu com a lavoura 6 (L6) na Micro e apenas a L6 apresentou diferença com a mata na Micro e Macro.

**Tabela 7.** Atributos físicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Piratini, bioma Pampa, Sul do Brasil.

SISTEMAS	ATRIBUTOS FÍSICOS			
	Ds (g/cm <sup>-3</sup> )	Micro (%)	Macro (%)	Pt (%)
Q1 x L1	0,3736	0,4149	0,226	0,1335
Q1 x Mata	0,0266*	0,195	0,429	0,0045*
L1 x Mata	0,0120*	0,1414	0,175	0,0663
Q2 x L2	0,1187	0,2369	0,166	0,248
Q2 x Mata	0,4857	0,0367*	0,0206*	0,387
L2 x Mata	0,1117	0,1414	0,1414	0,1668
Q3 x L3	0,0310*	0,2833	0,1051	0,0091*
Q3 x Mata	0,401	0,0145*	0,0045*	0,4572
L3 x Mata	0,053	0,0029*	0,0868	0,0120*
Q4 x L4	0,1495	0,2207	0,3208	0,429
Q4 x Mata	0,248	0,0005*	0,0010*	0,2834
L4 x Mata	0,3602	0,0055*	0,0045*	0,226
Q5 x L5	0,2596	0,2894	0,5	0,2482
Q5 x Mata	0,3736	0,0042*	0,0045*	0,4572
L5 x Mata	0,1688	0,0007*	0,0045*	0,215
Q6 x L6	0,3736	0,0462*	0,2482	0,126
Q6 x Mata	0,3208	0,215	0,0666	0,3736
L6 x Mata	0,4431	0,0067*	0,0145*	0,2051

Fonte: (Autor, 2023). Em que: Ds (g/cm<sup>-3</sup>)= densidade do solo; Micro (%)= microporosidade; Macro(%)= macroporosidade; Pt (%)= porosidade total; L1= Lavoura 1; L2= Lavoura 2; L3= Lavoura 3; L4= Lavoura 4; L5= Lavoura 5; L6= Lavoura 6; Mata= Mata nativa; Q1= Quintal agroflorestal 1; Q2= Quintal agroflorestal 2; Q3= Quintal agroflorestal 3; Q4= Quintal agroflorestal 4; Q5= Quintal agroflorestal 5; Q6= Quintal agroflorestal 6.

\*( $p < 0,05$ ) apresenta diferença significativa entre os sistemas estudados pelo teste de Dunn.

### 3.4.2. Atributos químicos

Nota-se que os quintais agroflorestais e as lavouras apresentaram diferenças significativas em atributos semelhantes com a mata nativa (Tabela 8). Contudo, analisando cada sistema de forma separada, foi possível destacar as principais diferenças e semelhanças entre os sistemas de uso do solo associadas ao manejo realizado em cada propriedade na área B.

A lavoura 1 (L1) apresentou diferença significativa com a mata nativa no maior número de atributos, principalmente nos teores de C (carbono), N (nitrogênio), pH (H<sub>2</sub>O), K (potássio), MO (matéria orgânica), Al (alumínio), H+Al (acidez potencial), CTC pH7 (Capacidade de Troca de Cátions a pH7), V% (saturação de bases), m% (saturação por alumínio), S (enxofre) e B (boro). Entre o quintal agroflorestal 1 (Q1) e L1 se estabeleceu diferença quanto ao N, C, P (fósforo), K, MO e Cu (cobre).

O quintal agroflorestal 2 (Q2) se diferiu com a mata quanto os teores de N, C, K, MO, Ca (cálcio), Mg (magnésio), H+Al, CTC efetiva (Capacidade de Troca de Cátions efetiva), CTC pH7, Cu, S e B. Entre o quintal agroflorestal e a lavoura nessa propriedade houve diferença apenas nos teores de S. Assim como o Q2, o quintal agroflorestal 3 (Q3) e o quintal agroflorestal 4 (Q4) também apresentaram diferença significativa no maior número de indicadores com a mata. Entre Q3 e a mata se destacaram as concentrações de C, MO, Ca, Mg, CTC efetiva, CTC pH7, Zn, S e B. Q4 e a mata se diferiram quanto os teores de N, C, MO, K, Al, Ca, Mg, CTC efetiva, V%, m%, Cu e B.

O resultado obtido na L1 foi semelhante ao da lavoura 5 (L5) e lavoura 6 (L6), apresentando a maior diferença significativa com a mata nativa nessas propriedades. A L5 e a mata se diferiram nas concentrações de N, C, pH, P, K, MO, Al, H+Al, CTC pH7, V%, m%, Cu, S e B. O quintal agroflorestal 5 (Q5) e a L5 apresentaram diferença em N, C, P, K, Al, Zn e B. A L6 e a mata estabeleceram diferença entre os teores de N, C, pH, K, MO, Al, H+Al, CTC pH7, V%, m%, Zn, Cu, S e B. A L6 e o quintal agroflorestal 6 (Q6) se diferiram com o P, Al, H+Al, m e Cu.

**Tabela 8.** Atributos químicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Piratini, bioma Pampa, Sul do Brasil.

SISTEMAS	ATRIBUTOS QUÍMICOS																	
	N	C	pH	P	K	MO	Al	Ca	Mg	H+Al	CTCef	CTCph7	V%	m%	Zn	Cu	S	B
Q1 x L1	0,01*	0,03*	0,23	0,00*	0,00*	0,04*	0,22	0,17	0,06	0,41	0,14	0,14	0,31	0,16	0,36	0,00*	0,18	0,49
Q1 x Mata	0,03*	0,03*	0,00*	0,03*	0,28	0,06	0,03	0,33	0,03*	0,00*	0,07	0,00*	0,01*	0,06	0,22	0,00*	0,00*	0,01*
L1 x Mata	0,00*	0,00*	0,00*	0,16	0,00*	0,00*	0,00*	0,29	0,39	0,00*	0,33	0,00*	0,00*	0,00*	0,34	0,38	0,00*	0,01*
Q2 x L2	0,06	0,05	0,27	0,26	0,09	0,37	0,37	0,38	0,23	0,24	0,44	0,48	0,36	0,44	0,28	0,18	0,04*	0,33
Q2 x Mata	0,00*	0,00*	0,27	0,30	0,01*	0,00*	0,41	0,00*	0,00*	0,03*	0,00*	0,00*	0,43	0,23	0,37	0,00*	0,00*	0,00*
L2 x Mata	0,00*	0,00*	0,49	0,46	0,00*	0,00*	0,46	0,00*	0,00*	0,12	0,00*	0,00*	0,43	0,30	0,18	0,00*	0,06	0,00*
Q3 x L3	0,03*	0,12	0,04*	0,38	0,02*	0,02*	0,36	0,33	0,03*	0,48	0,14	0,43	0,32	0,32	0,08	0,17	0,09	0,47
Q3 x Mata	0,06	0,02*	0,13	0,34	0,33	0,02*	0,49	0,00*	0,00*	0,08	0,00*	0,00*	0,35	0,33	0,04*	0,06	0,02*	0,00*
L3 x Mata	0,00*	0,00*	0,29	0,45	0,07	0,00*	0,36	0,00*	0,00*	0,08	0,00*	0,00*	0,47	0,19	0,40	0,00*	0,25	0,00*
Q4 x L4	0,44	0,38	0,12	0,08	0,07	0,07	0,07	0,19	0,34	0,18	0,13	0,07	0,25	0,09	0,13	0,04*	0,46	0,06
Q4 x Mata	0,00*	0,00*	0,12	0,13	0,00*	0,00*	0,01*	0,00*	0,00*	0,27	0,00*	0,27	0,04*	0,00*	0,19	0,00*	0,15	0,00*
L4 x Mata	0,00*	0,00*	0,50	0,00*	0,00*	0,00*	0,28	0,00*	0,00*	0,39	0,00*	0,01*	0,15	0,13	0,40	0,12	0,13	0,00*
Q5 x L5	0,01*	0,04*	0,33	0,00*	0,00*	0,19	0,25	0,48	0,17	0,29	0,46	0,39	0,38	0,30	0,00*	0,41	0,26	0,00*
Q5 x Mata	0,13	0,18	0,00*	0,04*	0,28	0,13	0,04*	0,40	0,44	0,00*	0,10	0,00*	0,02*	0,08	0,05	0,00*	0,00*	0,20
L5 x Mata	0,00*	0,00*	0,00*	0,03*	0,00*	0,02*	0,00*	0,42	0,22	0,00*	0,12	0,00*	0,01*	0,02*	0,19	0,00*	0,00*	0,00*
Q6 x L6	0,09	0,34	0,07	0,01*	0,49	0,45	0,00*	0,06	0,27	0,03*	0,13	0,49	0,06	0,01*	0,05	0,00*	0,05	0,15
Q6 x Mata	0,00*	0,00*	0,01*	0,21	0,04*	0,04*	0,31	0,19	0,22	0,01*	0,08	0,00*	0,04*	0,36	0,34	0,02*	0,04*	0,00*
L6 x Mata	0,00*	0,00*	0,00*	0,06	0,04*	0,03*	0,00*	0,25	0,44	0,00*	0,39	0,00*	0,00*	0,00*	0,02*	0,00*	0,00*	0,00*

Fonte: (Autor, 2023). Em que: N (%)= nitrogênio; C (%)= carbono; pH (H<sub>2</sub>O); P (mg/dm<sup>-3</sup>)= fósforo; K (mg/dm<sup>-3</sup>)= potássio; MO (%)= matéria orgânica; Al (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= alumínio; Ca (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= cálcio; Mg (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= magnésio; H+Al (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= acidez potencial; CTC efetiva (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= Capacidade de Troca de Cátions efetiva; CTC pH7 (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= Capacidade de Troca de Cátions a pH7; V (%)= saturação de bases; m (%)= saturação por alumínio; Zn (mg/dm<sup>-3</sup>)= zinco; Cu (mg/dm<sup>-3</sup>)= cobre; S(mg/dm<sup>-3</sup>)= enxofre; B (mg/dm<sup>-3</sup>)= boro; L1= Lavoura 1; L2= Lavoura 2; L3= Lavoura 3; L4= Lavoura 4; L5= Lavoura 5; L6= Lavoura 6; Mata= Mata nativa; Q1= Quintal agroflorestal 1; Q2= Quintal agroflorestal 2; Q3= Quintal agroflorestal 3; Q4= Quintal agroflorestal 4; Q5= Quintal agroflorestal 5; Q6= Quintal agroflorestal 6.

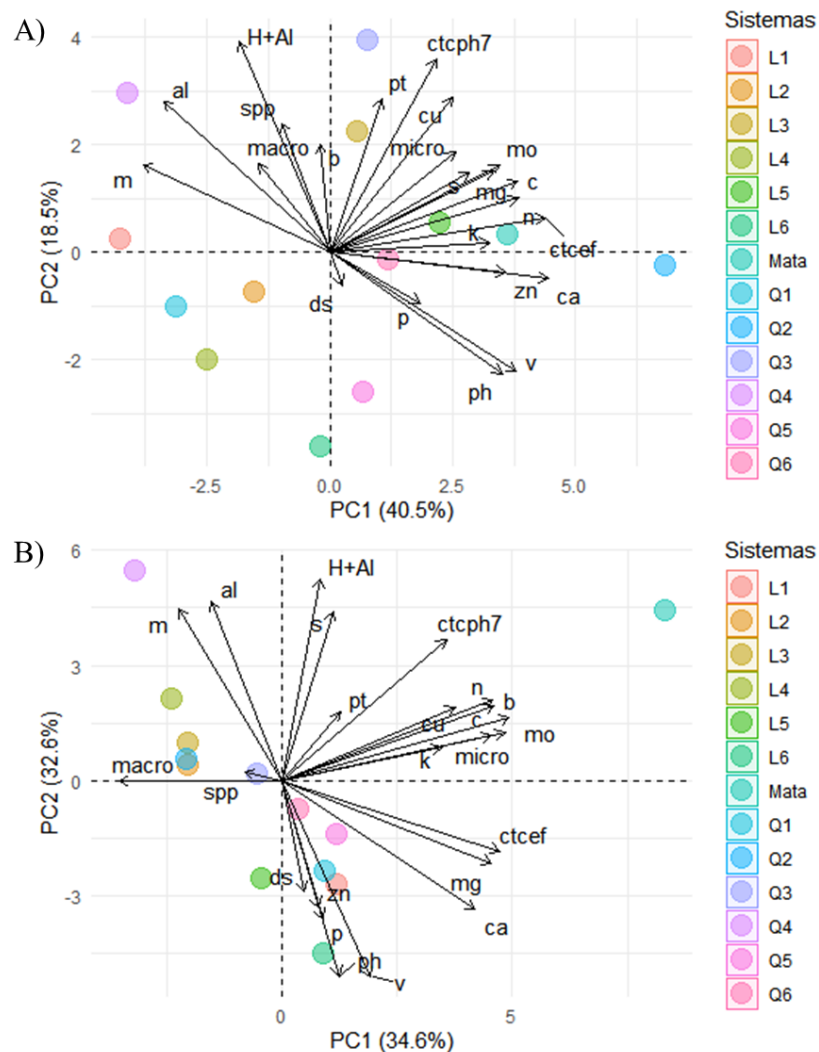
\*(p<0,05) apresenta diferença significativa entre os sistemas estudados pelo teste de Dunn.

### 3.5. Análise de Componentes Principais

A análise de componentes principais (PCA), apresentou comportamento distinto entre as áreas estudadas. Na área A, nota-se que a PC1 explicou 40,5% e a PC2 explicou 18,5% dos dados (Figura 9, A). A mata nativa, o Q3 (quintal agroflorestal 3), L3 (lavoura 3) e L5 (lavoura 5) formaram um grupo no lado direito do quadrante superior com os atributos químicos de CTC efetiva (Capacidade de Troca de Cátions efetiva), N (nitrogênio), C (carbono), MO (matéria orgânica), S (enxofre), Cu (cobre), CTC pH7 (Capacidade de Troca de Cátions a pH7) e os atributos físicos de Micro (microporosidade) e Pt (porosidade total).

Na área B, a PC1 explicou 34,6% e a PC2 explicou 32,6% (Figura 9, B). A mata nativa formou um grupo no quadrante superior do lado direito com o S, H+Al (acidez potencial), CTC pH7, Cu, N, b (boro), MO, K (potássio), Micro e Pt. Formou-se um grupo no quadrante superior do lado esquerdo entre a Macro (macroporosidade), m (saturação por alumínio), Al (alumínio) e as spp (número de espécies nos quintais) com o Q2 (quintal agroflorestal 2), L2 (lavoura 2), Q3 (quintal agroflorestal 3), L3 (lavoura 3), Q4 (quintal agroflorestal 4) e L4 (lavoura 4). No quadrante inferior localizado no lado direito, formaram um grupo a CTC efetiva, Mg (magnésio), Ca (cálcio), V (saturação de bases), P (fósforo), pH (H<sub>2</sub>O), Zn (zinco) e a Ds (densidade do solo) com o Q5 (quintal agroflorestal 5), Q6 (quintal agroflorestal 6), Q1 (quintal agroflorestal 1), L1 (lavoura 1) e L6 (lavoura 6).





**Figura 9.** Análise de Componentes Principais com os atributos físicos e químicos analisados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária, bioma Pampa, Sul do Brasil.

Fonte: (Autor, 2023). Em que: Ds ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )= densidade do solo; Micro (%)= microporosidade; Macro (%)= macroporosidade; Pt (%)= porosidade total; N (%)= nitrogênio; C (%)= carbono; pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ); P ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )= fósforo; K ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )= potássio; MO (%)= matéria orgânica; Al ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )= alumínio; Ca ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )= cálcio; Mg ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )= magnésio; H+Al ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )= acidez potencial; CTC efetiva ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )= Capacidade de Troca de Cátions efetiva; CTC pH7 ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )= Capacidade de Troca de Cátions a pH7; V (%)= saturação de bases; m (%)= saturação por alumínio; Zn ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )= zinco; Cu ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )= cobre; S ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )= enxofre; B ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )= boro; spp= número de espécies nos quintais; L1= Lavoura 1; L2= Lavoura 2; L3= Lavoura 3; L4= Lavoura 4; L5= Lavoura 5; L6= Lavoura 6; Mata= Mata nativa; Q1= Quintal agroflorestal 1; Q2= Quintal agroflorestal 2; Q3= Quintal agroflorestal 3; Q4= Quintal agroflorestal 4; Q5= Quintal agroflorestal 5; Q6= Quintal agroflorestal 6; A= Júlio de Castilhos, RS; B= Piratini, RS.

## 4. Discussão

### 4.1. Análise da qualidade física e química do solo quanto ao uso

Cinco anos após a implantação dos quintais agroflorestais, nota-se diferenças significativas em diversos atributos do solo. De modo geral, em ambas as áreas estudadas, as

diferenças prevaleceram entre os quintais agroflorestais e as lavouras com a mata nativa, principalmente nos atributos físicos. Os quintais e as lavouras apresentaram características semelhantes, o que segundo Santos (2022) é reflexo dos sistemas de cultivo estabelecidos, tipos de manejos realizados e tratos culturais que, ao longo dos anos, influenciam positivamente ou não na qualidade do solo. No entanto, em determinados atributos químicos, os valores encontrados nos quintais agroflorestais se aproximaram da mata nativa, principalmente na área A, uma vez que predominaram as diferenças significativas entre as lavouras e a mata, demonstrando essa tendência de evolução dos quintais com o passar dos anos, como verificado por Cherubin et al. (2019).

Nos atributos físicos, foi possível observar que os quintais e as lavouras na área A se diferiram da mata nativa na microporosidade (Micro) e porosidade total (Pt) (Tabela 3), uma vez que a mata apresentou os maiores valores em ambos os atributos, com 36,52% e 49,66% respectivamente (Apêndice B – Tabela S4). Nota-se que os sistemas agrícolas apresentaram maior compactação do solo, verificada pela menor Pt (41,28%) e maior densidade do solo ( $D_s = 1,52 \text{g/cm}^3$ ), o que pode ser ocasionado pelo tráfego de máquinas nas lavouras e ou pelo pisoteio de animais, como constatado por Araújo et al. (2019). Diante disso, o acesso do gado na mata nativa na área A, pode ter afetado a Pt. No entanto, apesar desse fato, os valores encontrados na mata foram inversamente proporcionais aos obtidos nas lavouras, ou seja, maior Pt e menor  $D_s$ , o que pode estar associado a maior diversidade e atividade da biota do solo (Franco et al., 2016) e presença de um sistema radicular vigoroso que permite maior agregação do solo por emaranhamento de partículas, penetração de raízes e incorporação de matéria orgânica fresca em profundidade (Lehmann et al., 2017) melhorando a qualidade física do solo.

Na área B a diferença significativa entre os quintais e as lavouras com a mata nativa se estabeleceu na Micro e macroporosidade (Macro) (Tabela 6). A maior quantidade de microporos na mata, contribui para o aumento da retenção de água armazenada no solo (Araújo et al., 2019). No entanto, em áreas de lavouras, a proporção de microporos pode ser elevada e a de macroporos pode ser reduzida quando ocorre aumento da  $D_s$  e, conseqüentemente, maior compactação (Viana et al., 2011), o que reforça o maior valor de  $D_s$  encontrado nas lavouras no presente estudo.

A macroporosidade do solo também se destacou entre os quintais agroflorestais e as lavouras na área A, tendo em vista que os quintais apresentaram os valores próximos da mata nativa, enquanto as lavouras apresentaram teor médio inferior (9,28%) e considerado crítico para o desenvolvimento radicular das plantas (<10%) (Bertacchi et al., 2012). De acordo com Toigo et al., (2015) quando a Macro é menor do que este limite, a porosidade livre de água, ou

seja, a porosidade de aeração é insuficiente e pode ocorrer restrições ao bom desenvolvimento radicular.

Na área A não se estabeleceu diferença significativa entre os sistemas estudados na Ds. No entanto, nota-se que a média dos valores nos quintais agroflorestais ( $1,49 \text{ g/cm}^{-3}$ ), está mais próxima dos valores obtidos nas lavouras ( $1,50 \text{ g/cm}^{-3}$ ) quando comparada ao valor da mata nativa ( $1,42 \text{ g/cm}^{-3}$ ), a qual obteve a menor Ds entre os sistemas de uso do solo, assim como na área B. A Ds apresentou diferença significativa na área B entre os quintais e as lavouras, uma vez que ao contrário da área A, o valor médio da Ds nos quintais ( $1,29 \text{ g/cm}^{-3}$ ) se aproximou do valor encontrado na mata ( $1,28 \text{ g/cm}^{-3}$ ), enquanto nas lavouras o valor foi superior ( $1,38 \text{ g/cm}^{-3}$ ). Braida e Reichert (2014) também encontraram os valores médios de Ds mais baixos na área de floresta nativa. A densidade do solo em sistemas agroflorestais praticamente se igualou a condição de floresta, o que revela o potencial desses sistemas para melhorar as condições físicas do solo (Matos et al., 2022).

Esse fato pode estar relacionado ao maior teor de matéria orgânica (MO) na mata nativa em ambas as áreas estudadas, sendo superior as áreas de quintais e lavouras, mas esse último com os menores valores, uma vez que a MO favorece a agregação das partículas do solo, refletindo em maior estrutura e, portanto, qualidade física quando comparada com áreas cultivadas anualmente (Souza et al., 2016; Balin et al., 2017). Os valores de MO na mata nativa na área B (5,35%) (Apêndice B – Tabela S7), foram duas vezes maiores que os encontrados na mata na área A (2,63%) (Apêndice B – Tabela S5). Nos demais sistemas analisados, a MO também foi maior na área B, mas em ambas as áreas, os teores de MO apresentaram diferença significativa entre os quintais e as lavouras. É possível constatar que esse atributo nos quintais agroflorestais é semelhante a mata nativa, uma vez que a cobertura permanente do solo por serapilheira, a entrada contínua de carbono orgânico no solo e a ausência de perturbação são os principais fatores de agregação do solo e melhoria da qualidade física sob vegetação nativa (Auler et al., 2017; Cherubin et al., 2017; Guimarães et al., 2017).

Corroborando com isso, destaca-se que na área B, onde os sistemas apresentaram maiores teores de MO, a percentagem de carbono orgânico no solo (C) apresentou diferença significativa entre os sistemas de uso do solo. Como esperado, o teor de C na mata (4,57%) foi superior aos valores obtidos nos quintais e nas lavouras, equivalentes a 2,17% e 1,70%, respectivamente. A maior concentração de C na mata e nos quintais em relação as lavouras, se justifica pela adição contínua de serapilheira ao solo, que contribuiu para o aumento de carbono e influencia positivamente na estabilidade dos agregados do solo (Durigan et al., 2017). O aporte contínuo de material orgânico fornecido pela serapilheira permite manter o teor de C e

tanto a diversidade de espécies quanto a entrada de biomassa nesses sistemas, são comparáveis aos ecossistemas naturais, resultando em maior potencial de armazenamento de C do que as lavouras (De Stefano; Jacobson, 2017). Além disso, a cobertura de serapilheira protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, evitando a desagregação do solo, impermeabilização da superfície e, conseqüentemente, reduzindo as perdas de solo por erosão (Cherubin et al., 2019).

Analisando os atributos químicos, nota-se que na área A, as diferenças significativas se evidenciaram entre as lavouras e a mata nativa (Tabela 3), diferentemente da área B, onde os quintais e as lavouras se diferiram da mata (Tabela 6). Diante disso, na área A os atributos encontrados na mata nativa que apresentaram diferença significativa foram superiores em 8, dos 9 atributos comparados com as lavouras, com exceção da saturação por alumínio (m%). Sendo assim, a mata apresentou solo menos ácido (pH 5,48), o que explica a maior concentração de m% nas lavouras e a maior disponibilidade de nutrientes na mata, principalmente de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cobre (Cu) e zinco (Zn). A concentração de N foi de 0,15% na mata, enquanto nas lavouras foi 0,09%, os teores de P e K de 4,95 mg/dm<sup>-3</sup> e 120,00 mg/dm<sup>-3</sup> e nas lavouras esses valores foram de 13,93 mg/dm<sup>-3</sup> e 54,55 mg/dm<sup>-3</sup> respectivamente. Os valores de zinco (Zn) (5,36 mg/dm<sup>-3</sup>) e cobre (Cu) (2,33 mg/dm<sup>-3</sup>) foram aproximadamente 4 e 2 vezes, nessa ordem, maiores do que esses atributos nas lavouras e o teor de enxofre (S) (11,11 mg/dm<sup>-3</sup>) encontrado foi próximo ao teor observado nas lavouras (Apêndice B – Tabela S5). O uso de dejetos animais como fonte de N para a nutrição das plantas, uma prática adotada pela maioria das famílias assentadas no presente estudo, pode resultar em acumulações de P e de elementos traço (Zn e Cu) no solo, uma vez que os teores de Cu e Zn foram considerados altos (Streck et al., 2018) e esses micronutrientes são essenciais para os vegetais (Chaves et al., 2010). A maior concentração de S na mata está diretamente relacionada a MO no solo (Streck et al., 2018).

Na área B, nota-se que a maioria dos atributos químicos que apresentaram diferença significativa entre os quintais agroflorestais e as lavouras com a mata nativa, assumiram valores intermediários nos quintais, concentrando as maiores médias na mata e as menores nas lavouras, com exceção apenas do pH, uma vez que a mata apresentou solo mais ácido (pH 4,73) (Apêndice B – Tabela S7). O pH do solo é geralmente ácido em ecossistemas florestais (Gairola et al., 2012) e isso pode ser devido ao maior teor de matéria orgânica e à natureza intocada da floresta (Cherubin et al., 2019), além das próprias características naturais dos solos estudados.

Os teores de N e C (0,38% e 4,57% nessa ordem) se destacaram na mata nativa na área B, o que está diretamente relacionado ao maior teor de MO (5,35%), uma vez que foram os

atributos que mais chamaram atenção, juntamente com o teor de S (20,85 mg/dm<sup>-3</sup>), Cu (3,68 mg/dm<sup>-3</sup>) e boro (B) (1,55 mg/dm<sup>-3</sup>). A concentração mais elevada de MO está relacionada ao processo de adição de resíduos vegetais pela parte aérea das culturas (Burle et al., 1997; Bayer et al., 2000), uma vez que a melhoria da fertilidade do solo provavelmente está associada ao maior aporte de nutrientes por meio de serapilheira, como constataram Santos et al. (2021). Além disso, Conceição et al. (2005) definem que a MO é um eficiente indicador da qualidade induzida pelos sistemas de manejo e de uso do solo e, segundo esses autores, o estoque de C e N avaliado na camada superficial evidencia o impacto dos sistemas de manejo sobre a qualidade do solo. Diante disso, como os quintais assumiram valores intermediários, cabe ressaltar que os estoques de C e N do solo dependem de variáveis importantes, incluindo o histórico de uso e o tempo de implantação dos quintais agroflorestais (Ma et al., 2020; Rimhanen et al., 2016; Tesfaye et al., 2016).

#### *4.2. Análise dos atributos físicos e químicos do solo quanto ao manejo*

O manejo realizado nos diferentes usos do solo induziu mudanças substanciais na qualidade do solo a curto prazo. Analisando os diferentes usos em cada propriedade separadamente, nota-se algumas semelhanças e diferenças refletidas pelo manejo realizado nos atributos físicos e químicos do solo.

De modo geral, as famílias não utilizam agrotóxicos nos quintais agroflorestais, utilizam adubos orgânicos, principalmente de origem animal e disponíveis nas propriedades, realizam roçadas e mantêm a cobertura do solo com resíduos vegetais e cultivo de forrageira de inverno, como o azevém e aveia, e de verão como o milho e ervilhaca, além de aproveitar as entrelinhas para o plantio de grãos e cucurbitáceas para subsistência. Há presença de aves em cinco quintais (quintais agroflorestais 2, 3 e 6 na área A e 3 e 5 na área B). Nas áreas de lavouras, nota-se uma diferenciação de manejo maior, uma vez que as famílias que destinam a produção de grão para comercialização, principalmente de soja, a maioria faz uso de fertilizantes sintéticos, realizam revolvimento mecânico do solo através da gradagem e utilizam agrotóxicos. Já nas famílias que produzem para subsistência, há o predomínio de cultivos agrícolas variados, não utilização de agrotóxicos e realizam o plantio direto, com maior destaque para a área B. O fato da maioria das famílias na área B não utilizarem agrotóxicos e fertilizantes sintéticos tanto nos quintais como nas lavouras, está diretamente relacionado a presença dessas famílias na certificação orgânica participativa pela Organização de Controle Social (OCS), como relatado pelas famílias assentadas.

Na área A, nota-se que a mata nativa se relacionou com o maior número de atributos físicos e químicos, estabelecendo uma certa similaridade com o quintal agroflorestal 3 (Q3) e a lavoura 3 (L3) (Figura 3, A). Sendo assim, a microporosidade (Micro) e a porosidade total (Pt) se destacaram na mata nativa, seguida do Q3 e L3, uma vez que o quintal e a mata apresentaram os maiores valores nesses atributos. O Q3 obteve os maiores valores tanto na Micro (37,91%) como na Pt (49,98%) mas muito próximo aos encontrados na mata (Apêndice B – Tabela S4). Observa-se que o Q3 e L3 alcançaram valores de matéria orgânica (MO) próximos aos da mata nativa, variando entre 2,27% no Q3 e 2,15% na L3, enquanto na mata o valor obtido foi de 2,63%, o que pode ser explicado devido ao manejo realizado nesses sistemas, tendo em vista que a cobertura do solo do quintal é mantida com as roçadas a cada três meses e a família aproveita o capim elefante na cobertura do solo, além do sistema de plantio direto utilizado na lavoura, acarretando em maior MO e em maior Micro e Pt. Corroborando com o presente estudo, Comte et al. (2012) constataram que a cobertura do solo melhorou a qualidade do solo através do acúmulo de matéria orgânica, aumentando a capacidade de retenção de água do solo.

Quanto a MO, Q3 e L3 não apresentaram diferença significativa com a mata nativa (Tabela 5), o que demonstra que eles podem estar apresentando uma qualidade maior quando comparada aos outros quintais e lavouras, levando em consideração os valores encontrados na mata. Contudo, o quintal merece destaque, não apenas pelo teor de MO, mas porque não apresentou diferença significativa com a mata nos atributos físicos, uma vez que a L3 se diferiu nos teores de Ds e Pt (Tabela 4). Kome et al. (2018) ressaltam que a presença de árvores nos sistemas proporciona o aumento da serapilheira e melhora a atividade microbiana, resultando em maior porosidade e maior infiltração de água e de nutrientes.

A mata nativa na área A apresentou solos menos ácidos (pH alto) e por consequência, menor CTC pH7, Al e H+Al, maior disponibilidade de nutrientes, principalmente de carbono (C), nitrogênio (N), enxofre (S), fósforo (P) e potássio (K), em relação ao Q3 e a L3, resultado similar ao encontrado por Matos et al., 2022. Já Suarez et al. (2021) comparando sistemas agroflorestais, pastagem e floresta, também encontraram que a floresta obteve o maior teor de fósforo e potássio no solo, corroborando com o presente estudo, uma vez que a mata apresentou o teor de K três vezes maior que o Q3 e quatro vezes maior que a L3. A lavoura 5 (L5), também se relacionou com esses atributos e apresentou os maiores teores de N, C, K, Mg (magnésio) e S entre as demais lavouras, o que pode estar relacionado a utilização de aveia como planta de cobertura no inverno, o aproveitamento da palhada do milho pelo sistema de plantio direto e o uso de esterco bovino três vezes durante o ano, práticas relatadas pela família. Kome et al. (2018), também verificaram que o cultivo sob plantio direto, a utilização de adubação de origem

animal e a manutenção da cobertura do solo, se destacaram como as principais práticas de manejo para manter a fertilidade do solo.

Na área B, a mata nativa merece destaque, ficando em evidência de acordo com a Figura 3B, uma vez que a mata não estabeleceu relação com os demais sistemas de uso do solo estudados, mas sim, com o maior número de atributos. A mata da área B, demonstrou comportamento semelhante a mata da área A, uma vez que também se relacionou com os atributos físicos Micro e Pt e nos atributos químicos a MO, N, C, K, S, Cu e acrescentou-se o b, com os maiores valores encontrados entre os sistemas estudados. Os teores de MO, macro e micronutrientes encontrados na área de mata nativa foram considerados altos, de acordo com Streck et al (2018). Esse resultado, representa o nível de qualidade do solo que se deseja alcançar a longo prazo nos quintais agroflorestais. Corroborando com isso, Stocker et al. (2020) constataram que a composição diversificada de espécies, o acúmulo de resíduos vegetais no solo formando uma cobertura densa, a influência do sistema radicular na distribuição do tamanho dos agregados e a proteção do solo sob o impacto das gotas de chuva na camada superficial, são fundamentais para proporcionar melhoria na qualidade do solo ao longo do tempo.

Os sistemas Q2 (quintal agroflorestal 2), L2 (lavoura 2), Q4 (quintal agroflorestal 4) e L4 (lavoura 4), apresentaram maior relação com Macro, m%, Al e o spp (número de espécies nos quintais). Ambos os quintais (Q2 e Q4) e a L4 se diferiram com a mata nativa na Macro e apenas o Q4 obteve maior Macro do que Micro. Gomes et al. (2009), evidenciaram uma predominância dos macroporos em relação aos microporos, demonstrando que até a profundidade de 10 cm seus agregados estão estáveis, mantendo a estrutura do solo, o que pode ser atribuído ao acúmulo dos restos de vegetais que são deixados sobre a superfície do solo, sendo decomposto e incorporado posteriormente ao solo. Q4 apresentou diferença significativa com a mata nativa nos teores de Al e m%, o que pode estar relacionado a não correção de acidez, acarretando níveis de Al e m% mais elevados e pH mais ácidos. Matos et al. (2020) encontraram pH com valores maiores nos sistemas agroflorestais e menores na floresta, como no presente estudo, com exceção do Q4.

Nota-se que Q1 (quintal agroflorestal 1), L1 (lavoura 1), Q6 (quintal agroflorestal 6) e L6 (lavoura 6) estabeleceram uma relação com o Ca, P, pH, Zn, CTC efetiva, V% e Ds (Figura 3B). Q1 e L1, estabeleceram diferença significativa com a mata na Ds, os quais apresentaram os maiores valores entre os sistemas analisados, com  $1,52 \text{ g/cm}^3$  na L1 e  $1,47 \text{ g/cm}^3$  no Q1, o que pode estar relacionado ao preparo do solo com gradagem na L1 e no Q1 apesar do uso de plantas de cobertura, o maior valor de Ds encontrado pode ser explicado, tendo em vista que

nos anos anteriores a implantação do quintal agroflorestal, o uso pretérito do solo consistia no plantio de feijão e a prática de preparo do solo através da gradagem. Esse resultado condiz com o estudo de Santana et al. (2018), que avaliando o impacto das mudanças de uso do solo na Ds, encontrou que o sistema sob plantio de feijão também apresentou maior densidade, o que pode ser explicado de acordo Hamza e Anderson (2005), pela intensa movimentação de máquinas agrícolas em culturas de ciclo curto, podendo compactar os solos. No entanto, o valor da Ds no Q1 foi menor quando comparado ao encontrado na L1, mas sem diferença significativa, o que pode estar associado a utilização do azevém e ervilhaca como plantas de cobertura. Contudo, o período pode ser considerado curto para recuperar a qualidade física do solo, o que também foi evidenciado por Genro Junior et al. (2004) e Secretti et al. (2018).

O Q6 e L6 se destacaram nas concentrações de P e Zn, uma vez que não diferiram significativamente com a mata nativa e sim entre quintal e lavoura, estando o valor do quintal mais próximo da mata e o valor da lavoura superior nesses atributos. Na L6 a família faz uso de esterco de origem animal de diferentes fontes, com aplicações semanalmente, o que pode explicar a maior concentração de P e Zn na área de lavoura. Resultado similar também foi encontrado por Fernandes et al. (2013).

#### *Qualidade do solo e a influência do manejo*

Analisando as áreas de estudos, nota-se diferentes níveis de qualidade do solo, uma vez que parte dos quintais apresentaram uma tendência de maior proximidade as condições de mata nativa e outros encontraram-se em fase de transição de lavoura para quintal agroflorestal.

Na área A, as diferenças significativas quanto aos atributos físicos predominaram entre as lavouras e a mata nativa, principalmente na densidade do solo (Ds) e porosidade total (Pt). Na Ds, a lavoura 2 (L2) e lavoura 3 (L3) se diferiram da mata juntamente com o quintal agroflorestal 6 (Q6), sendo os sistemas que apresentaram as maiores médias quanto a Ds (Apêndice B – Tabela S4). Esse fato por estar associado ao sistema de plantio direto realizado em L2 e L3, uma vez que após alguns anos de implantação deste sistema, é comum os solos apresentarem maiores valores de Ds e menores valores de Pt (Gonçalo Filho et al., 2018), como verificado no presente estudo. Essa condição pode estar associada à baixa capacidade de suporte de carga, aumentando com isso a compactação (Reichert et al., 2016). No Q6, o maior valor de Ds pode ser explicado devido a presença de animais nesse quintal, que podem ocasionar em maior Ds na camada superficial, assim como constataram Araújo et al. (2019).



Nos atributos químicos, as diferenças foram estabelecidas entre os quintais agroflorestais e as lavouras, com destaque para os quintais agroflorestais 2, 5 e 6, uma vez que apresentaram as maiores semelhanças com a mata nativa. O quintal agroflorestal 3 (Q3) e quintal agroflorestal 4 (Q4), a maioria dos atributos foram mais próximos das lavouras e concentraram as diferenças com a mata, assim como o Q1 (quintal agroflorestal 1), pois apesar da lavoura (L1) ter apresentado maior diferença com a mata, Q1 pouco se diferiu de L1. Q2 e Q6 apresentaram os maiores teores de matéria orgânica (MO) no solo e Q5 com valor intermediário, assim como nos teores de nitrogênio (N), carbono (C) e zinco (Zn). Chama-se atenção para Q6, uma vez que apesar de apresentar o maior valor de Ds entre os quintais, apresentou melhor qualidade química, que pode estar relacionada a cobertura do solo formada pela serapilheira e vegetação espontânea. Já Q2 e Q5 possuem histórico de plantio de azevém para cobertura do solo e ambos utilizam o esterco suíno e bovino na adubação de cobertura, contribuindo para o aumento dos teores de C e N. Cabe destacar, que Q6 e Q2 não se diferiram significativamente com a mata nativa nos teores de MO, diferentemente de Q5. No entanto, os teores de MO na mata nativa foram considerados médios (Streck et al. 2018).

Na área B, quanto a qualidade física, se destacaram os quintais agroflorestais 1 e 3 e as lavouras 1 e 3. A L1 e Q1 se diferiram da mata nativa nos valores de Ds, tendo em vista que apresentaram os maiores valores nesse atributo entre os sistemas estudados. O Q3 apresentou diferença significativa com L3, estando o valor do quintal mais próximo ao valor de Ds da mata nativa (Apêndice B – Tabela S6). O histórico de preparo do solo utilizando a gradagem em L1 e Q1 pode justificar os valores de Ds nesses sistemas e se evidencia na diferenciação estabelecida entre Q3 e L3, uma vez que o uso pretérito do solo em Q3 foi de plantio de azevém e em L3 consiste na realização de gradagem uma vez por ano. A maior Ds nas diferentes lavouras pode ser atribuída as atividades antrópicas realizadas, como o revolvimento contínuo do solo, acarretando o aumento do impacto das gotas de chuva, associado a ausência de cobertura do solo e a consequente compactação do solo, como também constataram Kome et al. (2018).

A maioria dos quintais apresentaram resultados semelhantes aos encontrados na mata nativa na qualidade química do solo, com destaque para Q1, Q5 e Q6, uma vez que a maioria das diferenças foram estabelecidas entre as lavouras e a mata. Esses quintais se destacaram, tendo em vista que ambos possuem o solo coberto com diferentes níveis de serapilheira, não utilizam agrotóxicos, utilizam adubação orgânica e com exceção do Q5, tanto o Q1 quanto o Q6 utilizam plantas de cobertura, principalmente o azevém. Além disso, esses quintais apresentaram os maiores teores de MO entre os quintais estudados nessa área (Apêndice B –

Tabela S7). Q1 e Q5 também apresentaram concentrações mais elevadas de N, C, P, K e B. Já o Q2 e Q4 estabeleceram as maiores diferenças significativas com a mata nativa e, por consequência, maior proximidade com as condições de lavoura, uma vez que ambos os quintais não diferiram significativamente com as respectivas lavouras no teor de MO (Tabela 8). Apenas Q3 e L3 apresentaram as maiores diferenças com a mata nativa e foi possível observar resultados similares entre o quintal e a lavoura no maior número de atributos, mostrando que Q3 e L3 possuem condições semelhantes. Ambos apresentaram os menores teores de MO entre os sistemas estudados, o que se justifica pelo revolvimento do solo realizado anualmente pela gradagem em L3 e pela cobertura do solo insuficiente no Q3 ocasionada pela presença contínua de aves e a não utilização de plantas de cobertura.

Diante disso, verifica-se que cerca de 83% das famílias mantem o solo coberto e mais da metade das famílias (60%) utilizam plantas de cobertura do solo nos quintais agroflorestais estudados (Tabela 1). O uso da cobertura do solo também foi um indicador encontrado por Kome et al. (2018), sendo comumente usada pela maioria das famílias agricultoras (>85%), assim como no presente estudo. Esses autores sugerem que a utilização da cobertura do solo proporciona maiores rendimentos produtivos, associados ao aumento do teor de nutrientes pela decomposição, redução da perda de solo e aumento do armazenamento de água no solo.

Já nas áreas de lavouras, nota-se que 50% das famílias utilizam o sistema convencional de preparo de solo (gradagem) e 83% utilizam agrotóxicos, principalmente na produção de soja. A mata nativa se sobressaiu na maioria dos atributos, principalmente quando comparada as lavouras em ambas as áreas de estudo, o que evidencia que a deterioração do solo é mais severa sob o sistema convencional, corroborando com os resultados encontrados por Kome et al. (2018) e Cherubin et al. (2019).

Nota-se que os solos dos quintais agroflorestais tendem a ter a sua qualidade física e química semelhante aos solos de mata nativa ao longo do tempo, uma vez que quando o sistema atinge um equilíbrio, passa a funcionar de forma semelhante a uma floresta (Cherubin et al., 2019). No entanto, os quintais podem ser considerados sistemas jovens, levando em consideração o tempo de implantação (cinco anos), mas que quando manejados de forma adequada, sem o revolvimento contínuo do solo, mantendo a cobertura do solo e utilizando plantas de cobertura, apresentaram melhora significativa na qualidade do solo, principalmente na Ds e nos teores de MO, N e C em relação as lavouras. Muitos estudos enfatizam que os quintais agroflorestais mesmo com a presença de árvores pequenas e cobertura heterogênea do solo, são capazes de minimizar a compactação na camada superficial e sustentar a melhoria na

fertilidade do solo mesmo a curto prazo (Arévalo-Gardini et al., 2015, Cherubin, et al., 2019), como verificado no presente estudo.

## **Conclusão**

O uso do solo através de quintais agroflorestais promoveu mudanças de curto prazo nos atributos físicos e químicos do solo e, dessa forma, possuem grande potencial de proporcionar melhorias consistentes na qualidade do solo ao longo do tempo. No entanto, o manejo adotado nos quintais interfere na qualidade do solo, uma vez que sistemas que adotaram práticas conservacionistas possuem tendência de alcançar um solo mais próximo das condições de solo de mata nativa. Entre as práticas realizadas nas áreas de estudo destacaram-se: 1) cobertura permanente do solo; 2) não revolvimento do solo; 3) uso de plantas de cobertura. Apesar dos resultados promissores com os quintais agroflorestais, é necessário que tais estudos continuem a longo prazo para entender o impacto dessa estratégia de uso do solo e do manejo realizado ao longo dos anos na qualidade do solo.

## **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de Doutorado para a primeira autora. As famílias assentadas da reforma agrária que participaram dessa pesquisa.

## **Referências Bibliográficas**

Altieri, M., 2012. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. Expressão Popular, Rio de Janeiro. 400p.

Araújo, S. R., Pedroso, A. J. S., Soares, I. R., Rodrigues, S., Moraes, E. T., Torres, L. C., 2019. Atributos físico-químicos do solo em áreas de conversão da Amazônia Oriental em pastagem e plantio direto. *Journal of Applied Hydro-Environment and Climate*, v.1, n.1, p. 25-37.

Arévalo-Gardini, E., Canto, M., Alegre, J., Loli, O., Julca, A., Baligar, V., 2015. Changes in soil physical and chemical properties in long term improved natural and traditional agroforestry management systems of Cacao genotypes in Peruvian Amazon. *PLoS ONE* 10:e0132147.

Auler, A. C., Los Galetto, S., Hennipman, F. S., Guntzel, E. D., Giarola, N. F., Fonseca, A. F., 2017. Soil structural quality degradation by the increase in grazing intensity in integrated croplivestock system. *Bragantia* 76:550–556.

- Balin, N. M., Bianchini, C., Ziech, A. R. D., Luchese, A. V., Alves, M. V., Conceição, P. C., 2017. Soil fauna under different soil management systems with oats and crops cucurbits. *Revista Scientia Agraria* 18:74–84. <https://doi.org/10.5380/rsa.v18i3.52133>
- Bayer, C. et al. Effect of no-till cropping systems on SOM in a sandy clay loam Acrisol from Southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil and Tillage Research*, v.53, p.95-104, 2000.
- Bertacchi, M. I. F., Brancalion, P. H. S., Brondani, G., Medeiros, J. C., Rodrigues, R. R., 2012. Caracterização das condições de microssítio de áreas em restauração com diferentes idades. *Revista Árvore*, 36(5), 895-906.
- Blake, G. R., Hartge, K. H., Bulk density. In: Klute, A., 1986. *Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods*. 2nd. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, p.363-375.
- Blaser, W. J., Oppong, J., Hart, S. P., Landolt, J., Yeboah, E., Six, J., 2018. Climate-smart sustainable agriculture in low-to-intermediate shade agroforests. ***Nature Ecology & Evolution***, v. 2, p. 1075–1079.
- Braida, J. A., Reichert, J. M., 2014. Matéria orgânica e comportamento mecânico para fins de manejo de solo. In: Leite LFC, Maciel GA, Araújo ASF (eds) *Agricultura Conservacionista no Brasil*. Brasília, p309–361.
- Burle, M. L. et al. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics, with emphasis on soil acidification. *Plant and Soil*, v.190, p.309-316, 1997.
- Celentano, D., Rousseau, G. X., Engel, V. L., Zelarayan, M., Oliveira, E. C., Araújo, A. C. M., de Moura, E. G., 2017. Degradation of riparian forest affects soil properties and ecosystem services provision in eastern Amazon of Brazil. *Land Degrad Dev* 28:482–493.
- Chaves, L. H. G., Mesquita, E. F., Araujo, D. L., França, C. P., 2010. Crescimento, distribuição e acúmulo de cobre e zinco em plantas de pinhão-manso. *Ciência do Solo. Rev. Ciênc. Agron.* (2) 41. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000200001>
- Cherubin, M. R., Chavarro-Bermeo, J. P., Silva-Olaya, A. M., 2019. Agroforestry systems improve soil physical quality in northwestern Colombian Amazon. *Agroforest Syst.* 93:1741–1753 <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0282-y>.
- Cherubin, M. R., Franco, A. L. C., Guimarães, R. M. L., Tormena, C. A., Cerri, C. E. P., Karlen, D. L., Cerri, C. C., 2017. Assessing soil structural quality under Brazilian sugarcane expansion areas using Visual Evaluation of Soil Structure (VESS). *Soil Tillage Res* 173:64–74.
- Cherubin, M. R., Karlen, D. L., Franco, A. L. C., Cerri, C. E. P., Tormena, C. A., Cerri, C. C., 2016a. A soil management assessment framework (SMAF) evaluation of Brazilian sugarcane expansion on soil quality. *Soil Sci Soc Am J* 80:215–226
- Cherubin, M. R., Karlen, D. L., Franco, A. L. C., Tormena, C. A., Cerri, C. E. P., Davies, C. A., Cerri, C. C., 2016b. Soil physical quality response to sugarcane expansion in Brazil. *Geoderma* 267:156–168.

Conceição, P.C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.777-788, 2005.

Comte, I.; Davison, R.; Lucotte, M.; Carvalho, C.J.R. de; Oliveira, F. de A.; Rossenau, G.X. Physicochemical properties of soils in the Brazilian Amazon following fire-free land preparation and slash-and-burn practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 156, p. 108– 115, 2012.

Da Luz, F. B., da Silva, V. R., Kochem Mallmann, F. J., Bonini Pires, C. A., Debiassi, H., Franchini, J. C., Cherubin, M. R., 2019. Monitoring soil quality changes in diversified agricultural cropping systems by the Soil Management Assessment Framework (SMAF) in southern Brazil. *Agric Ecosyst Environ* 281:100–110. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.05.006>

De Stefano, A., Jacobson, M. G., 2017. Soil carbon sequestration in agroforestry systems: a meta-analysis. *Agrofor Syst*. 9: 285–299. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0147-9>

Dollinger, J., Jose, S., 2018. Agroforestry for Soil Health. *Agroforest Syst* 92:213–219. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0223-9>

Durigan, M. R., Cherubin, M. R., Carmargo, P. B., Ferreira, J. N. F., Berenguer, E., Gardner, T., Barlow, J., Dias, C. T. D., Signor, D., Oliveira Junior, R. C., Cerri, C. E. P., 2017. Soil organic matter responses to anthropogenic forest disturbance and land use change in eastern Brazilian Amazon. *Sustainability* 9:379. <https://doi.org/10.3390/su9030379>

Empresa Brasileira de Agropecuária e Abastecimento – Embrapa., 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análises de Solo. Rio de Janeiro, 212p.

Fernandes, A. L. T., Santinato. F., Ferreira, R. T., Santinato, R., 2013. Adubação orgânica do cafeeiro, com uso do esterco de galinha, em substituição à adubação mineral. *Coffee Science, Lavras*, (8) p486-499.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO & Global Mechanism of the UNCCD. 2015. Sustainable financing for forest and landscape restoration: Opportunities, challenges and the way forward. Discussion paper. Rome. Available at: <https://www.global-mechanism.org/resources/gm-publications> and <https://www.fao.org/forestry/publication>

Franco, A. L. C., Bartz, M. L. C., Cherubin, M. R., Baretta, D., Cerri, C. E. P., Feigl, B. J., Wall, D. H., Davies, C. A., Cerri, C. C., 2016. Loss of soil (macro)fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. *Sci Total Environ* 563–564:160–168.

Fujisaki K., Perrin A-S, Desjardins T., Bernoux, M., Balbino LC, Brossard M., 2015. From forest to cropland and pasture systems: a critical review of soil organic carbon stocks changes in Amazonia. *Glob Chang Biol* 21:2773–2786

Gairola, S., Sharma, C. M., Ghildiyal, S. K., Suyal, S., 2012. Chemical properties of soils in relation to forest composition in moist temperate valley slopes of Garhwal Himalaya, India. *Environmentalist* 32:512–523. <https://doi.org/10.1007/s10669-012-9420-7>

Genro Junior, S. A., Reinert, D. J., Reichert, J. M., 2004. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. *R. Brasileira Ciências do Solo*, v.28, p.477-484.

Gomes, I. S. L., RAYOL, A. C., BERTOLINO, A. V. F. A., BERTOLINO, L. C. 2009. Análises do solo em sistema agroflorestal – Lumiar, Nova Friburgo, RJ. p10.

Gonçalo Filho, F., Neto, M. F., dos Santos Fernandes, C., da Silva Dias, N., da Cunha, R. R., de Oliveira Mesquita, F., 2018. Efeitos do manejo sustentável da Caatinga sob os atributos físicos do solo. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 38.

Guarino, E. S. G. et al., 2018. Espécies de plantas prioritárias para projeto de restauração ecológica em diferentes formações vegetais no bioma Pampa: primeira aproximação. *Pelotas: Documentos Embrapa Clima Temperado*, p79.

Guimarães, R. M. L., Neves Junior, A. F., Silva, W. G., Rogers, C. D., Ball, B. C., Montes, C. R., Pereira, B. F. F., 2017. The merits of the Visual Evaluation of Soil Structure method (VESS) for assessing soil physical quality in the remote, undeveloped regions of the Amazon basin. *Soil Tillage Res* 173:75–83.

Hamza, M. A.; Anderson, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions, *Soil & Tillage Research*, v.82, p.121-145, 2005.

Junqueira, A. B., Souza, N. B., Stompha, T. J., Almekinders, C. J. M., Clemente, C. R., 2016. Struika Soil fertility gradients shape the agrobiodiversity of Amazonian homegardens. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 221: 270–281.

Kome, G. K., Enang, R. K., Yerima, B. P. K., 2018. Knowledge and management of soil fertility by farmers in western Cameroon. *Geoderma Regional*. (17)30260-2. doi:10.1016/j.geodrs.2018.02.001

Lavelle, P., Rodriguez, N., Arguello, O., Bernal, J., Botero, C., Chaparro, P., Gomez, Y., Gutierrez, A., Hurtado, M. D., Loaiza, S., Pullido, S. X., Rodriguez, E., Sanabria, C., Velasquez, E., Fonte, S. J., 2014. Soil ecosystem services and land use in the rapidly changing Orinoco river basin of Colombia. *Agric Ecosyst Environ* 185:106–117.

Lehmann, A., Zheng, W., Rillig, M. C., 2017. Soil biota contributions to soil aggregation. *Nat Ecol Evol*. 1:1828–1835.

Ma et al., 2020. O acúmulo de carbono em sistemas agroflorestais é afetado pela diversidade de espécies de árvores, idade e clima regional: uma meta-análise global *Glob. Biogeogr.*, 00 (2020), pp. 1-12, 10.1111/geb.13145.

Matos, P. S., Fonte, S. J., Lima, S. S., Pereira, M. G., Kelly, C., Damian, J. M., Fontes, M. A., Chaer, G. M., Brasil, F. C., Zonta, E., 2020. Linkages among soil properties and litter quality in agroforestry systems of Southeastern Brazil. *Sustainability* 12:9752. <https://doi.org/10.3390/su12229752>

- Matos, P. S., Cherubin, M. R., Damian, M., Rocha, F. I., Pereira, M. G., Zonta, E., 2022. Short-term effects of agroforestry systems on soil health in Southeastern Brazil. *Agroforest Syst.* 96:897–908 <https://doi.org/10.1007/s10457-022-00749-4>
- Nair, P. K. R., 2011. Agroforestry systems and environmental quality: introduction. *J Environ Qual* 40:784–790. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0076>
- Neto, A. B. B., dos Santos, C. R. C., Noronha, N. C., Gama, M. A. P., Carvalho, E. J. M., Silva, A. R., & de Souza, P. Í. A., 2018. Matéria Orgânica E Atributos Físico-Hídricos De Um Latossolo Sob Diferentes Sistemas De Manejo. *Revista Agroecossistemas*, 10(2), 147-164.
- Overbeck, G. E. et al., 2015. Fisionomia dos Campos. In: PILLAR, V. D.; LANGE, O. (Eds.). *Os campos do Sul*. Porto Alegre. Rede Campos Sulinos – UFRGS, cap 3, p. 33-41.
- R Core Team., 2022. R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.
- Reichert, J. M., da Rosa, V. T., Vogelmann, E. S., da Rosa, D. P., Horn, R., Reinert, D. J., Denardin, J. E., 2016. Conceptual framework for capacity and intensity physical soil properties affected by short and long-term (14 years) continuous no-tillage and controlled traffic. *Soil and Tillage Research*, 158, 123- 136.
- Rimhanen et al., 2016. A agricultura etíope tem maior potencial de sequestro de carbono do que o estimado anteriormente. *Glob. Chang. Biol.*, 22 (2016), p3739-3749, 10.1111/gcb.13288
- Santana et al., 2018. Impacto da mudança do uso da terra sobre a densidade do solo em Argissolo no Semiárido. *Anais III Jornada da Pós-graduação da Embrapa Semiárido*. p143-148.
- Santos, T. F., Steward, A. M., 2018. Diversidade botânica dos quintais agroflorestais de área de terra firme na comunidade Cafezal, Barcarena-Pará. *Cadernos de Agroecologia*. Brasília, DF, v.13. n.1.
- Santos, F. M., Terra, G., Piotto, D., Chaer, G. M., 2021. Recovering ecosystem functions through the management of regenerating community in agroforestry and plantations with *Khaya* spp. in the Atlantic Forest, Brazil. *Forest Ecol. Manag.* 482:118854. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118854>
- Santos, D. R., 2022. *Conexus - sistemas biodiversos para inclusão social e qualidade ambiental no bioma Pampa: conexões entre a abordagem Nexus e o Programa Quintais Sustentáveis*. Relatório técnico de pesquisa. Santa Maria.
- Saha, S. K.; Nair, P. K. R.; Nair, V. D.; Kumar, B. M., 2009. Soil carbon stock in relation to plant diversity of homegardens in Keraba, India. *Agroforestry Systems*. v.76, p.53-65.
- Secretti, M. L., Dutra, W. S., Mendes, M. D., Antum, M. M. S., 2018. Influência das plantas de cobertura na densidade e temperatura do solo. *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC*.
- Somarriba, E., Beer, J., Alegre-Orihuela, J., Andrade, H. J., Cerda, R., De Clerck, F., Detlefsen, G., Escalante, M., Giraldo, L. A., Ibrahim, M., Krishnamurthy, L., Mosquera, V. E. M., Mora-

Degado, J. R., Orozco, L., Scheelje, M., Campos, J. J., 2012. Main streaming agroforestry in Latin America. In: Nair P, Garrity D (eds) *Agroforestry: the future of global land use*. Springer, Dordrecht, p429–453.

Souza, E. D., Carneiro, M. A. C., Paulino, H. B., Ribeiro, D. O., Bayer, C., Rotta, L. R., 2016. Organic matter and soil aggregation after the conversion of “murundu fields” into a no-tillage system. *Pesquisa agropecuária brasileira* 51:1194–1202. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900019>

Stocker, C. M., Bamberg, A. L., Stumpf, L., Monteiro, A. B., Cardoso, J. H., Lima, A. C. R., 2020. Short-term soil physical quality improvements promoted by an agroforestry system. *Agroforest Syst.* 94:2053–2064 <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00524-3>

Streck, E. V., et al. 2018. *Solos do Rio Grande do Sul* 3. ed., rev. e ampl. – Porto Alegre, RS: Emater/RS- Ascar, 252 p.

Suárez, L. R., Suárez Salazar, J. C., Casanoves, F., Ngo Bieng, M. A., 2021. Os sistemas agroflorestais de cacau melhoram a fertilidade do solo: Comparação das propriedades do solo entre floresta, sistemas agroflorestais de cacau e pastagens na Amazônia colombiana. *Agricultura, Ecosistemas e Meio Ambiente*, 314. 107349. DOI:10.1016/j.agee.2021.107349

Tedesco, M. J. et al., 1995. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. 2. Ed. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia. P174.

Tesfaye et al., 2016. Impacto das mudanças no uso da terra, espécies e elevação sobre o carbono orgânico do solo e o nitrogênio total nas Terras Altas Centrais da Etiópia. *Geoderma*, (261) 70-79. [10.1016/j.geoderma.2015.06.022](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.06.022)

Toigo, S., Braida, J. A., Possenti, J. C., Brandelero, E. M., Baesso, M. M., 2015. Atributos físicos de um Nitossolo Vermelho cultivado com trigo, em sistema plantio direto, submetido à compactação e escarificação. *Revista Engenharia Na Agricultura-Reveng*, 23(1), 19-28.

Van Noordwijk, M. V., Barrios, E., Shepherd, K., Bayala, J., Öborn, I., 2019. Soil science as part of agroforestry. In: Van Noordwijk M, ed. *Sustainable development through trees on farms: Agroforestry in its fifth decade*. Bogor, Indonesia: World Agroforestry (ICRAF). 63-92.

Viana, E. T., Batista, M. A., Tormena, C. A., Costa, A. C. S., Inoue, T. T., 2011. Atributos físicos e carbono orgânico em latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 35 (1), 2105-2114. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000600025>



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo apresenta informações relevantes sobre os assentamentos da reforma agrária no bioma Pampa e o potencial que os quintais agroflorestais desempenham. Os resultados gerados neste trabalho de tese, evidenciaram o poder da transformação social, ambiental e produtiva que essas famílias exercem ao longo dos anos, sendo esse o verdadeiro significado da restauração de terra e de gente. O público-alvo dessa pesquisa foram as famílias assentadas em situação de extrema pobreza e vulnerabilidade social no Pampa, que mesmo em condições desfavoráveis, conseguem produzir alimentos saudáveis e preservar este bioma tão ameaçado.

A restauração de terra e de gente enfatiza o grande potencial que os sistemas agroflorestais representam, juntamente com a resistência e resiliência das famílias assentadas, combinados em um denominador comum: o cuidado com o solo. O solo, visto primeiramente como lote, quando se inicia a etapa de concretização da conquista pela terra, agora como família assentada e, posteriormente, o solo como substrato essencial para melhorar a qualidade de vida das famílias, refletindo na segurança alimentar, hídrica e energética. O solo, portanto, é o ponto de partida e de chegada, pois se a conquista pela terra é o primeiro objetivo, o segundo é ter condições de vida digna.

Nesse contexto, sabendo que 70% dos assentamentos da reforma agrária no estado do RS estão no Pampa, e que um quinto destas famílias fizeram parte dessa pesquisa, através da análise da realidade vivenciada nos assentamentos analisados, cabe evidenciar que os assentamentos desempenham uma importante função na melhoria da segurança alimentar aliada a segurança hídrica e energética. As famílias assentadas buscam produzir alimentos agroecológicos e compreendem a necessidade de preservar os recursos naturais. Sendo assim, se destacou o avanço da produção de policultivos e a agroecologia de um lado, e a expansão da ameaça dos monocultivos de soja do outro. No entanto, as famílias apresentaram um nível intermediário quanto a segurança alimentar, ocasionado principalmente pela produção diversificada dos policultivos, garantindo a subsistência das famílias. As seguranças hídrica e energética apresentaram insuficiências, diretamente relacionadas a tecnologia disponível e acessível.

Os quintais agroflorestais geridos pelas famílias assentadas comprovaram a sua eficiência em melhorar a qualidade do solo ao longo do tempo, apresentando características semelhantes com a mata nativa quando manejados de forma adequada. Diante disso, entre as práticas de manejo realizadas que vem contribuindo para alcançar ao longo do tempo o solo de floresta, se destacaram a cobertura permanente do solo, o uso de plantas de cobertura e o não

revolvimento do solo, proporcionando o aumento da matéria orgânica e, conseqüentemente, dos teores de nitrogênio e carbono no solo. Além de melhorar a qualidade química do solo, os atributos físicos também são alterados, ocasionando a diminuição da densidade do solo e aumento da porosidade total, como demonstrado no presente estudo.

Os resultados gerados pela presente pesquisa, podem servir como suporte para o aprimoramento de futuros projetos agroflorestais no bioma Pampa e incentivar o desenvolvimento junto aos assentamentos da reforma agrária. É desejável que estudos e pesquisas sobre as mudanças da qualidade do solo ao longo do tempo sejam realizados, sendo imprescindível retornar os resultados obtidos para a sociedade em geral, proporcionando auxílio nas tomadas de decisões, produzindo suporte técnico científico para fomentar futuras políticas públicas e fortalecer iniciativas agroflorestais na região. Além disso, cabe ressaltar a elaboração por meio do Programa Conexus Bioma Pampa da cartilha denominada “Água, Alimento e Energia – práticas testadas pelo Programa Conexus Bioma Pampa” (Anexo A), entregue a cada família participante da presente pesquisa, juntamente com as interpretações e recomendações dos laudos de análise de solo, visando a popularização do conhecimento junto às famílias assentadas.

Se plantar o arroz ali, se plantar o milho a cula, um jeito de produzir, pra gente se alimentar. Primeiro cantar do galo, já se levanta da cama, e o camponês se mistura à terra que tanto ama. Amar o campo, ao fazer a plantação, não envenenar o campo, é purificar o pão. Amar a terra, e nela plantar semente, a gente cultiva ela, e ela cultiva a gente. A gente cultiva ela, e ela cultiva a gente (PINTO, Caminhos Alternativos, 2021).

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, G. A.; AITA, M. F.; MALDANER, J.; TAROUÇO, A. K. A produção animal como opção ao controle do capim-annoni e a conservação do Pampa. *In: CHOMENKO, L.; MOURA, L. A. (coord.). RS Biodiversidade*. 14.ed. Porto Alegre: Fundação Zoo Botânica, 2016. p.30-33.
- ARAÚJO, Neide *et al.* Projeto de desenvolvimento rural sustentável/ Microbacias II: o papel das capacitações e parcerias na promoção dos sistemas agroflorestais. *In: CANUTO, João Carlos. Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões*. Brasília, DF, Embrapa, 2018. 288p.
- ARRUDA, A. F., O espaço concebido e o espaço vivido da morada rural: políticas públicas x modo de vida camponês. Dissertação de Mestrado. FAUSP: São Paulo, 2007, 159p.
- BAUERMAN, S. G., *et al.* Dinâmicas vegetacionais, climáticas e do fogo com base em palinologia e análise multivariada no Quaternário tardio do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 87-96, 2008.
- BLASER, W. J.; OPPONG, J.; HART, S. P.; LANDOLT, J.; YEBOAH, E.; SIX, J. Climate-smart sustainable agriculture in low-to-intermediate shade agroforests. **Nature Ecology & Evolution**, v. 2, p. 1075–1079, 2018.
- BOLDRINI, I. I.; OVERBECK, G.; TREVISAN, R. Biodiversidade de plantas. *In: PILLAR, V. D.; LANGE, O. (Ed.). Os campos do Sul*. Porto Alegre. Rede Campos Sulinos – UFRGS, cap 5, 2015. p. 51-60.
- BOLDRINI, I. I. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. *In: PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A (ed.). Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade*, 2009. p. 63-77.
- BRACK, B., Bioma Pampa. *In: DIAS, Alexandre. Pessoa et al. Dicionário de Agroecologia e Educação*. 1 ed. São Paulo: Expressão Popular, 2021. p. 188-193.
- BRANCALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES, R. R.; PILAR, V. D.; LEWINSOHN, T. M. A critical analysis of the Native vegetation Protection Law of Brazil (2012): Updates and ongoing initiatives. **Natureza & Conservação**, v. 14, n. 1, p. 1-16, 2016.
- BURGREVER, J. C.; FREITAS, F. F.; FISTAROL, T. A. F.; ARAÚJO, F. B.; JÚNIOR, G. D. F. S. Propriedades físicas indicadoras da qualidade do solo sob sistemas de manejo-Alta Floresta. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 21, n. 2, p. 93-104, 2019.
- CANUTO, J. C. *et al.* Quintais agroflorestais como estratégia de sustentabilidade ecológica e econômica. **Rede de estudos rurais**. Rio de Janeiro, RJ, 2014.
- CAPORAL, F.R., COSTABEBER, J.A.; PAULUS, G. **Agroecologia como matriz disciplinar para um novo paradigma de desenvolvimento rural**, Brasília, 2006.
- CARDOSO, Irene. MANCIO, Daniel. Solos. *In: DIAS, Alexandre. Pessoa et al. Dicionário de Agroecologia e Educação*. 1 ed. São Paulo: Expressão Popular, 2021, p. 720-726.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. D. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CARVALHO, H. M. **A interação social e as possibilidades de coesão e de identidade sociais no cotidiano da vida social dos trabalhadores rurais nas áreas oficiais de Reforma Agrária no Brasil**. Curitiba: NEAD, 1999.

CONNOR, Richard. **The United Nations world water development report 2015: water for a sustainable world**. UNESCO publishing, 2015.

CREMADES, R. *et al.* Co-benefits and trade-offs in the water–energy nexus of irrigation modernization in China. **Environmental Research Letters**, v.11, n.5, 054007, 2016. doi:10.1088/1748-9326/11/5/054007

ECHER, R.; CRUZ, J. A. W. da.; ESTRELA, C. C.; MOREIRA, M.; GRAVATO, F. Usos da terra e ameaças para a conservação da biodiversidade no bioma Pampa, Rio Grande do Sul. **Revista Thema**, v. 12, n. 2, p. 4-12, 2015. <https://doi.org/10.15536/thema.12.2015.4-13.318>.

FAO - Food and Agriculture Organization. **The Future of Food and Agriculture – Trends and Challenges**. Rome, Italy. 2017.

FAO - Food and Agriculture Organization. The water-energy-food nexus: A new approach in support of food security and sustainable agriculture. **Rome The Food and Agricultural Organisation of the United Nations**, 2014.

FERNANDES, B. M. **A formação do MST no Brasil**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2000.

FERNANDES, B. M. The MST and agrarian reform in Brazil. **Socialism and Democracy**, Routledge, v.23, n.3, p.90–99, 2009. doi:10.1080/08854300903155541.

FERREIRA, N. R.; FILIPPI, E. E. Reflexos econômicos, sociais e ambientais da invasão biológica pelo capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees) no bioma Pampa. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 27, n. 1/3, p. 47-70, 2010.

FRADE, F.; S. SAUER. O MST e a experiência de agroecologia em assentamentos de reforma agrária. **Revista Latinoamericana de Estudios Rurales**, v.2, n.3, p.64–95, 2017.

FRANCO, Fernando Silveira. Agrofloresta - Sistemas Agroflorestais. *In*: DIAS, Alexandre Pessoa *et al.* **Dicionário de Agroecologia e Educação**. 1 ed. São Paulo: Expressão Popular, 2021, p. 84-89.

GASPARIN, G., WITCEL, R., SANTOS, dos M. Acampamentos e Assentamentos. *In*: DIAS, Alexandre. Pessoa *et al.* **Dicionário de Agroecologia e Educação**. 1 ed. São Paulo: Expressão Popular, 2021, p. 23-29.

GIUPPONI, C.; GAIN, A. K. Integrated spatial assessment of the water, energy and food dimensions of the sustainable development goals. **Regional Environmental Change**, v. 17, p. 1881-1893, 2017 doi:10.1007/s10113-016-0998-z

GONÇALVES, J. P.; LUCAS, F. C. A. Agrobiodiversidade e etnoconhecimento em quintais de Abaetuba, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Biociência**, v. 15, n. 3, p. 119-134, 2017.

GUARINO, E. S. G.; et al. Espécies de plantas prioritárias para projeto de restauração ecológica em diferentes formações vegetais no bioma Pampa: primeira aproximação. Pelotas: Documentos Embrapa Clima Temperado, 79 p. 2018.

GUIDO, A.; VÉLEZ-MARTIN, E.; GERHARD E. OVERBECK, G. E.; PILLAR, V. D. Landscape structure and climate affect plant invasion in subtropical grasslands. **Applied Vegetation Science**, v. 19, p. 600 – 210, 2016.

HASENACK, H. (org.) **Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Sumário Executivo do mapeamento da cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Brasília: MMA/SBF. 2006.

HOFF, H. **Understanding the Nexus**: background paper for the Bonn 2011 Nexus Conference. Germany: Stockholm Environment Institute, 201, 52p.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. CENTRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (CSR) – IBAMA BRASÍLIA. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Acordo de Cooperação Técnica MMA/Ibama. Monitoramento do Bioma Pampa 2008-2009, 2011. Disponível em:  
[http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf\\_chm\\_rbbio/\\_arquivos/relatrio\\_tcnico\\_monitoramento\\_pampa\\_2008\\_2009\\_72.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatrio_tcnico_monitoramento_pampa_2008_2009_72.pdf) Acesso em: 22 março de 2021

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro, RJ – Brasil, 2012. Disponível em:  
[ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos\\_naturais/manuais\\_tecnicos/manual\\_tecnico\\_vegetacao\\_brasileira.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf) Acesso em: 20 de abril de 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Série Relatórios Metodológicos. Metodologias empregadas nas diversas fases do planejamento e execução das pesquisas do IBGE. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

INCRA - INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Assentados ampliam autonomia sobre o comércio de sementes orgânicas. 2022. Disponível em: <Assentados ampliam autonomia sobre o comércio de sementes orgânicas — Incra (www.gov.br)> Acesso em: 10 outubro 2022.

INCRA - INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Relação de Beneficiários do Programa Nacional de Reforma Agrária (PNRA) - Lista Única, por SR/Projeto/Município/Código Beneficiário. Disponível em:  
[http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/reforma-agraria/rela-o-de-benefici-rios-rb-da-reforma-agr-ria/sr-11\\_rs\\_1.pdf](http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/reforma-agraria/rela-o-de-benefici-rios-rb-da-reforma-agr-ria/sr-11_rs_1.pdf). Acesso em: 26 de setembro de 2020.

KILCA, R. V.; LONGHI, S. J.; SCHWARTZ, G.; SOUZA, A. M.; WOJCIECHOVSKI, J. C. Application of Fisher's discriminant analysis to classify forest communities in the Pampa Biome. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 885-895, 2015.

- KING, K. F. S. **The history of agroforestry**, Agroforestry Systems, p. 3-1, 1989.
- KLEIN, R. M. Aspectos dinâmicos da vegetação no sul do Brasil. **Sellowia**, Itajaí, v. 36, p. 5-54. 1984.
- LEITE, P. F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 51-73. 2002.
- LIU, Junguo *et al.* Challenges in operationalizing the water–energy–food nexus. **Hydrological Sciences Journal**, v. 62, n. 11, p. 1714-1720, 2017.doi: 10.1080/02626667.2017.1353695
- LUNZ, Aurenay Maria Pereira. Quintais agroflorestais e o cultivo de espécies frutíferas na Amazônia. **Cadernos de Agroecologia**, v. 2, n. 2, 2007.
- MARCHI, M. M.; BARBIERI, R. L.; SALLÉS, J. M.; COSTA, F. A. da. Flora herbácea e subarbusciva associada a um ecossistema de butiazal no Bioma Pampa. **Rodriguésia**, v. 69, n. 2, p. 553-560, 2018. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869221>.
- MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: campos sulinos**. Porto Alegre: EST, 2004. 110 p.
- MARIACA MENDEZ, R. M., GONZÁLEZ JÁCOME, G., ARIAS REYES, L. M. **El huerto maya yucateco en el Siglo XVI**. México, 2010.
- MARTINS, A. F. G. **A Produção ecológica de arroz nos assentamentos da região metropolitana de porto alegre: apropriação do espaço geográfico como território de resistência ativa e emancipação**. Tese de doutorado (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre 2017.
- MARTINS, Adalberto Floriano Greco Martins. **Potencialidades transformadoras dos movimentos camponeses no Brasil contemporâneo: as comunidades de resistência e superação no MST**. 2004. 212 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2004.
- MARTINS, J. S. O sujeito da reforma agrária (estudo comparativo de cinco assentamentos). In: MARTINS, J. S. (Coord.). **Travessias: a vivência da reforma agrária nos assentamentos**. 2 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, cap. 1, p. 11-52, 2009.
- MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L. M.; ARCOVERDE, M. F.; HOFFMANN, M. R.; PEREIRA, A. V. B. **Restauração ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga**. Brasília, DF: Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal - ICRAF. 2016. 266 p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (ICMbio). Unidades de Conservação. Biomas. Pampa. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/pampa/>> Acesso em: 10 outubro 2022.

MIRZABAEV, Alisher *et al.* Bioenergy, food security and poverty reduction: trade-offs and synergies along the water–energy–food security nexus. **Water International**, v. 40, n. 5-6, p. 772-790, 2015. doi:10.1080/02508060.2015.1048924

MST - MOVIMENTO DOS TRABALHADORES RURAIS SEM TERRA. **História do MST**. São Paulo: Secretaria Nacional, 2015. 75 p.

MST. MOVIMENTO DOS TRABALHADORES RURAIS SEM TERRA. **Programa agrário do MST**. São Paulo: Secretaria Nacional, 2014. 52 p.

NOBRE, H. G., JUNQUEIRA, A. C., SOUZA, T. de J. M., RAMOS-FILHO, L. O. CANUTO, J. C., Utilização de práticas agroecológicas na construção de projetos sustentáveis para a reforma agrária: um estudo de caso no assentamento Sepé Tiaraju – SP. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Cruz Alta, v.7, n.1, p. 3-13, 2012.

OLIVEIRA, R. E.; CARVALHÃES, M. A. Agrofloresta como ferramenta de restauração em mata atlântica: Podemos encontrar espécies polivalentes? **Oecologia Australis**, v. 20, n. 4, p. 425 – 435, 2016.

OLIVEIRA, T. E. *et al.* Agricultural land use change in the Brazilian Pampa Biome: Thereduction of natural grasslands. **Land Use Policy**, v. 63, p. 394–400, 2017.

OVERBECK, G. E. et al. Fisionomia dos Campos. *In*: PILLAR, V. D.; LANGE, O. (Eds.). **Os campos do Sul**. Porto Alegre. Rede Campos Sulinos – UFRGS, cap 3, p. 33-41, 2015.

PAIM, C. T. **Conexões entre as seguranças hídrica, alimentar e energética e a restauração socioprodutiva nos assentamentos do bioma Pampa**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2022.

PALLARÉS, O. R.; BERRETTA, E. J.; MARASCHIN, G. E. The South American Campos Ecosystem. *In*: SUTTIE, J.; REYNOLDS, S. G.; BATELLO, C. (Ed.). *Grasslands of the world*. Rome: FAO, p.171-219 (FAO. Plant production and protection series, 34), 2005.

PAQUIN, Marc; COSGROVE, Catherine. **The United Nations World Water Development Report 2016: Water and jobs**. UNESCO for UN-Water, 2016.

PENEIREIRO, F. M. **Agroflorestas sucessionais: princípios para implantação e manejo**. (Texto elaborado para contribuir com um capítulo no Manual Agroflorestal da Mata Atlântica – no prelo). Revisão: Mutirão Agroflorestal 2007. 14p.

PERUCHI, F. Sistemas agroforestales y seguridad alimentaria: um estudio de caso en el Asentamiento Sepé Tiarajú. 2014. 102 p. Tesina (Máster en Agroecología) - Universidad de Córdoba, Baeza, 2014.

PILLAR, V. D.; QUADROS, F. L. F. Grassland-forest boundaries in southern Brazil. **Coenoses**, Gorizian, Italy, v. 12, n. 2/3, p. 119-126, 1997.

PINTO, Zé. Caminhos Alternativos. Zé Pinto, 2021. Arquivo de áudio MP3.

PIOVESAN, R. T.; ZARNOTT, A. V.; FLECH, E. M.; JAHEN, E.; BELE, A. R.; NEUMANN, P. S. **O projeto Quintais Sustentáveis junto às famílias assentadas no Rio Grande do Sul**. Cadernos de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe, v.15, n. 2, 2020.

PRIMAVESI, A. M. **Manual do solo vivo**. Expressão Popular, 2014, 206p.

PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DAS NAÇÕES UNIDAS- UNPD. Disponível em: <[undp.org/sustainable-development-goals?utm\\_source=EN&utm\\_medium=GSR&utm\\_content=US\\_UNDP\\_PaidSearch\\_Brand\\_English&utm\\_campaign=CENTRAL&c\\_src=CENTRAL&c\\_src2=GSR&gclid=Cj0KCQjwl\\_SHBhCQARIsAFIFRVUMTRiMgyk2xOYuvngHuxfmHgEGO4bNJyBGG2y7AiIneRTMIZV SaVoaAjkWEALw\\_wcB](http://undp.org/sustainable-development-goals?utm_source=EN&utm_medium=GSR&utm_content=US_UNDP_PaidSearch_Brand_English&utm_campaign=CENTRAL&c_src=CENTRAL&c_src2=GSR&gclid=Cj0KCQjwl_SHBhCQARIsAFIFRVUMTRiMgyk2xOYuvngHuxfmHgEGO4bNJyBGG2y7AiIneRTMIZV SaVoaAjkWEALw_wcB)>. Acessado em: 25 de março de 2021.

PROJETO MAPBIOMAS - Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. Área de cobertura do bioma Pampa. Disponível em: <http://mapbiomas.org/map#coverage>. Acesso em: 27 abril de 2020.

PROJETO MAPBIOMAS – Relatório Anual de Desmatamento no Brasil. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org/> Acesso em: 16 de junho de 2021.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Selbach, 1956. 417 p.  
REDE BRASILEIRA DE PESQUISA EM SOBERANIA E SEGURANÇA ALIMENTAR (PENSSAN). II Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da COVID-19 no Brasil [livro eletrônico]: II VIGISAN: relatório final/Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar – PENSSAN. -- São Paulo, SP, Fundação Friedrich Ebert, 2022.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**, 2 ed. Rio de Janeiro: Ambito Cultural Edições Ltda, 1997. 747p.

ROVEDDER, A. P. M. BIOMA PAMPA: RELAÇÕES SOLO-VEGETAÇÃO E EXPERIÊNCIAS DE RESTAURAÇÃO. In: Stehmann, J. R. et al. (Org.). 64º Congresso Nacional de Botânica: botânica sempre viva. 1ed. Belo Horizonte: Sociedade Botânica do Brasil, v. 1, p. 46-53, 2014.

ROVEDDER, A. P. M., *et al.* Água, alimento e energia: práticas testadas pelo Programa Conexus Bioma Pampa. Curitiba, CRV: 2021. 60 p.

SANTOS, D. R. **Conexus - sistemas biodiversos para inclusão social e qualidade ambiental no bioma Pampa**: conexões entre a abordagem Nexus e o Programa Quintais Sustentáveis. Relatório técnico de pesquisa. Santa Maria, 2022.

SETOR DE PRODUÇÃO, COOPERAÇÃO E MEIO AMBIENTE (SPCMA). Como construir a reforma agrária popular em nossos assentamentos. São Paulo: Secretaria Nacional, 2014. 41 p.

SETOR DE PRODUÇÃO, COOPERAÇÃO E MEIO AMBIENTE (SPCMA). Plantar Árvores, Produzir Alimentos Saudáveis. Brasília, DF: Secretaria Nacional, 2021. 72 p.



SILVA, G. F.; SANTOS, D.; SILVA, A. P.; SOUZA, J. M. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na Mesorregião do Agreste Paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 25-35, 2015.

SILVA, J. A. **Perspectivas financeiras de sistemas agroflorestais ecológicos da Lapa-PR e Ribeirão Preto, SP**. 2016, 111 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento), Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curitiba, PR, 2016.

SILVA, R. L.; LEITE, M. F. A.; SANTOS, A. S.; AZEVEDO, A. L.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, A. E. Agrobiodiversidade em quintais agroflorestais urbanos de três municípios da região sul do Amazonas, Brasil. **Caderno de Agroecologia**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2018.

SOARES, M. D. R.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; CUNHA, J. M.; SANTOS, L. A. C.; FONSECA, J. S.; SOUZA, Z. M. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré, AM. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 59, n. 1, p. 9-15, 2016.

STEENBOCK, W.; SILVA, L. C.; SILVA, R. O.; RODRIGUES, A. S.; PEREZ-CASSARINO, J.; FONINI, R. **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. 1. ed. Curitiba: Kairós, 2013. 422 p.

STRASSER, L. de, *et al.* A methodology to assess the water energy food ecosystems nexus in Transboundary River Basins. **Water**, v.8, n.2, p.59, 2016. doi:10.3390/w8020059

VÉLEZ, E.; CHOMENKO, L.; SCHAFFER, W.; MADEIRA, M. Um panorama sobre as iniciativas de conservação dos Campos Sulinos. P. 356-379. *In*: PILLAR, V. D.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. C.; JACQUES, E A. V. A. (Ed.). **Campos Sulinos, conservação e uso sustentável da biodiversidade**. MMA, Brasília, DF. 2009.

VIEIRA, C. L.; GOULART, A. G.; SILVA, T. M.; VERDUM, R. Emprego do capim vetiver para o controle da erosão e cobertura do solo nos areais do sudoeste do estado do RS, Brasil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, São José dos Pinhais, v. 1, n. 2, p. 338-351, 2018.

WOLFORD, Wendy. Producing community: the MST and land reform settlements in Brazil. **Journal of Agrarian Change**, v. 3, n. 4, p. 500-520, 2003. doi:10.1111/1471- 0366.00064.

## APÊNDICE A – DOCUMENTOS SUPLEMENTAR DO CAPÍTULO 1

Tabela S1- Indicadores extraídos do banco de dados do SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da Assessoria Técnica, Social e Ambiental), para os assentamentos da reforma agrária no bioma Pampa, sul do Brasil.

(continua)

<b>INDICADORES SIGRA</b>	
<b>Criação animal</b>	
1	Criação de aves
2	Criação de suínos
3	Criação de bovinos de leite
4	Criação de bovinos de corte
5	Criação de peixes
6	Abelhas
7	Criação de ovinos
8	Processados
<b>Cultivos agrícolas</b>	
9	Grãos
10	Baraços
11	Pomar
12	Raízes e tubérculos
13	Pastagem
14	Horta
15	Policultivo
16	Cana-de-açúcar
17	Fumo
18	Medicinais
19	Sementes
20	Reflorestamento
21	Recuperadoras
<b>Água consumida</b>	
22	Rede pública
23	Rede comunitária
24	Vertente
25	Poço comum
26	Poço artesiano individual
27	Poço artesiano coletivo
28	Arroio
29	Cacimba
30	Cisterna
31	Açúde
32	Armanejamento de água
33	Sem água no lote

(conclusão)

34	Água suficiente
35	Qualidade da água
<b>Recursos hídricos</b>	
36	Lote seco
37	Reservatório > 100 m <sup>2</sup>
38	Reservatório < 100 m <sup>2</sup> >1 há
39	Reservatório < 1ha >5 há
40	Reservatório < 5 há
41	Rio/riacho
42	Nascentes
43	Produção irrigada
<b>Saneamento básico</b>	
44	Lixo seco
45	Embalagem de agrotóxico
46	Embalagem de medicamento veterinário
47	Esgoto sanitário
48	Destino de água servida
<b>Eletrificação rural</b>	
49	Se possui?
50	Tipo monofásico
51	Tipo bifásico
52	Tipo trifásico
53	Gerador de energia
54	Problemas de voltagem
<b>Quadro de áreas</b>	
55	Plantio próprio
56	Arrendado de terceiros
57	Mato nativo
58	Floresta
59	Capoeira
60	Pastagem perene
61	Área degradada
62	Banhado
63	Campo nativo
64	Área do lote

Fonte: (Autor, 2023).

Tabela S2- Correlação de Spearman entre os indicadores extraídos do banco de dados do SIGRA (Sistema Integrado de Gestão Rural da Assessoria Técnica, Social e Ambiental), para os assentamentos da reforma agrária no bioma Pampa, sul do Brasil.

(continua)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	
A1	1	0,986	0,964	0,929	0,954	0,945	0,974	0,788	0,926	0,859	0,512	0,562	0,788	0,085	0,32	0,665	0,823	0,454	0,799	0,834	0,992	0,992	0,226	0,51	0,443	0,795	0,271	
A2		1	0,961	0,939	0,942	0,939	0,976	0,774	0,921	0,867	0,535	0,577	0,772	0,071	0,356	0,642	0,814	0,479	0,805	0,848	0,98	0,982	0,206	0,506	0,442	0,787	0,243	
A3			1	0,895	0,915	0,914	0,948	0,783	0,903	0,84	0,55	0,536	0,78	0,06	0,31	0,644	0,788	0,461	0,768	0,814	0,964	0,965	0,222	0,487	0,477	0,759	0,271	
A4				1	0,91	0,921	0,928	0,742	0,875	0,861	0,557	0,566	0,771	0,098	0,433	0,61	0,79	0,419	0,779	0,788	0,927	0,927	0,246	0,536	0,411	0,773	0,235	
A5					1	0,904	0,94	0,746	0,888	0,824	0,405	0,467	0,8	0,108	0,296	0,61	0,78	0,476	0,778	0,812	0,95	0,95	0,172	0,481	0,363	0,76	0,255	
A6						1	0,922	0,756	0,878	0,793	0,51	0,489	0,814	0,1	0,335	0,709	0,798	0,451	0,715	0,778	0,938	0,937	0,198	0,448	0,464	0,784	0,236	
A7							1	0,779	0,907	0,871	0,542	0,552	0,79	0,146	0,305	0,627	0,781	0,431	0,829	0,84	0,976	0,978	0,196	0,504	0,391	0,775	0,282	
A8								1	0,871	0,614	0,506	0,494	0,65	0,148	0,123	0,515	0,625	0,391	0,628	0,685	0,775	0,77	0,24	0,391	0,514	0,678	0,283	
A9									1	0,753	0,546	0,617	0,706	0,13	0,3	0,619	0,75	0,405	0,75	0,817	0,918	0,916	0,247	0,473	0,51	0,792	0,282	
A10										1	0,49	0,521	0,671	0,136	0,225	0,433	0,784	0,36	0,658	0,688	0,883	0,881	0,284	0,544	0,297	0,63	0,38	
H1											1	0,533	0,384	0,215	0,32	0,155	0,29	0,321	0,364	0,33	0,534	0,532	0,237	0,141	0,157	0,412	0,239	
H2												1	0,192	0,021	0,517	-0,02	0,461	0,321	0,449	0,472	0,556	0,554	0,205	0,591	0,23	0,467	0,249	
H3													1	0,291	0,198	0,74	0,691	0,575	0,527	0,543	0,805	0,804	0,211	0,226	0,347	0,628	0,117	
H4														1	0,045	0,123	0,095	0,103	0,015	-0,17	0,158	0,153	0,129	0,022	0,025	0,275	0,201	
H5															1	0,113	0,291	0,079	0,332	0,282	0,298	0,301	0,058	0,265	0,226	0,396	-0,1	
H6																1	0,53	0,597	0,538	0,541	0,662	0,665	0,083	0,07	0,437	0,552	-0	
H7																	1	0,451	0,579	0,61	0,822	0,82	0,289	0,662	0,55	0,719	0,324	
H8																		1	0,211	0,295	0,452	0,456	0,093	0,024	0,294	0,304	-0,04	
H9																			1	0,879	0,79	0,796	0,103	0,416	0,289	0,631	0,215	
H10																				1	0,809	0,813	0,058	0,375	0,344	0,593	0,141	
E1																					1	1	0,267	0,521	0,411	0,79	0,318	
E2																						1	0,257	0,517	0,409	0,789	0,311	
E3																							1	0,357	0,064	0,157	0,688	
E4																									1	0,244	0,554	0,529



## APÊNDICE B - DOCUMENTO SUPLEMENTAR DO CAPÍTULO 2

Tabela S3. Composição dos diferentes quintais agroflorestais estudados nos assentamentos da reforma agrária em Piratini e Júlio de Castilhos no bioma Pampa, sul do Brasil.

(continua)

<b>Família Botânica</b>	<b>Nome Científico</b>	<b>Nome Comum</b>	<b>Q1</b>	<b>Q2</b>	<b>Q3</b>	<b>Q4</b>	<b>Q5</b>	<b>Q6</b>
Quintais agroflorestais na área A								
Ebenaceae	<i>Diospyros kaki</i> L.f	Caqui	5	0	6	2	4	0
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	Branquilho	0	0	0	2	0	0
Junglandaceae	<i>Carya illinoensis</i> (Wangenh.) K. Koch	Nogueira	2	0	1	1	2	0
Lythraceae	<i>Punica granatum</i> L.	Romã	3	0	3	8	0	0
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Abacateiro	0	0	0	0	1	0
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i> L.	Cinamomo	0	4	0	0	0	0
Moraceae	<i>Ficus carica</i> L.	Figo	0	0	5	2	0	1
Moraceae	<i>Morus nigra</i> L.	Amora	3	0	0	0	0	0
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) Oberg.	Guavirova	0	0	1	6	0	1
Myrtaceae	<i>Eugenia involucrata</i> DC.	Cereja-do-Rio-Grande	2	0	2	12	0	0
Myrtaceae	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	Uvaia	0	0	3	4	0	0
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	3	0	3	10	2	0
Myrtaceae	<i>Myrcianthes pungens</i> (O. Berg) D. Legrand	Guabiju	0	0	2	4	0	0
Myrtaceae	<i>Plinia peruviana</i> (Poir.) Govaerts	Jaboticaba	0	0	0	0	0	1
Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araçá	1	2	10	26	1	3
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Goiaba	5	4	4	16	2	2
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Nêspera	1	0	0	0	0	0



Annonaceae	<i>Annona squamosa</i> L.	Fruta-do-conde	0	0	0	0	1	0
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Araucária	2	0	0	0	4	2
Arecaceae	<i>Butia catarinensis</i> Noblick & Lorenzi	Butiá	4	0	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Selenicereus undatus</i> (Haw.) D.R. Hunt	Pitaya	0	0	0	1	0	0
Celastraceae	<i>Monteverdia ilicifolia</i> (Mart. ex Reissek) Biral	Espinheira-Santa	0	3	1	2	1	4
Boraginaceae	<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S. Mill	Guajuvira	1	1	1	3	4	0
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Louro	1	0	2	1	0	2
Ebenaceae	<i>Diospyros kaki</i> L.f.	Caqui	1	2	0	3	1	4
Fabaceae	<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	Acácia	0	10	17	0	0	0
Fagaceae	<i>Castanea sativa</i> Mill.	Castanheira	0	1	0	0	0	0
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Abacate	2	0	0	3	2	2
Lythraceae	<i>Punica granatum</i> L.	Romã	0	1	0	0	1	0
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	2	0	1	2	0	3
Moraceae	<i>Morus nigra</i> L.	Amora	0	3	0	1	0	1
Moraceae	<i>Ficus carica</i> L.	Figo	13	5	4	0	4	7
Musaceae	<i>Musa</i> sp.	Banana	0	0	0	0	0	23
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Mart. ex O. Berg	Guabiroba	0	2	0	1	1	0
Myrtaceae	<i>Eugenia involucrata</i> DC.	Cereja	0	3	0	0	2	0
Myrtaceae	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	Uvaia	0	4	0	0	0	0
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	3	0	2	3	4	4
Myrtaceae	<i>Myrcianthes pungens</i> (O. Berg) D. Legrand	Guabiju	0	2	1	0	2	0
Myrtaceae	<i>Plinia peruviana</i> (Poir)	Jaboticaba	0	1	0	0	1	0



	Govaerts							
Myrtaceae	<i>Psidium cattleyanum</i> Sabine	Araçá	0	3	4	5	7	8
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Goiaba	0	2	1	5	4	5
Rosaceae	<i>Cydonia oblonga</i> Mill.	Marmelo	0	0	0	0	0	3
Rosaceae	<i>Malus pumila</i> Mill.	Maçã	2	0	0	0	0	3
Rosaceae	<i>Prunus domestica</i> L.	Ameixa	4	0	2	0	0	1
Rosaceae	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	Pêssego	6	2	2	14	4	3
Rosaceae	<i>Prunus persica</i> var. <i>nucipersica</i> Dippel	Nectarina	1	2	0	1	2	0
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl	Nespera	0	1	0	0	1	0
Rutaceae	<i>Citrus latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez	Limão-Taiti	1	3	0	10	0	0
Rutaceae	<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	Limão	1	1	6	0	3	0
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Laranja	8	12	5	0	9	2
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Bergamota-montenegrina	0	1	0	0	0	0
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Bergamota	3	1	4	0	1	8
Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i> L.	Uva	0	0	0	0	4	0
<b>Total</b>			<b>59</b>	<b>67</b>	<b>56</b>	<b>55</b>	<b>67</b>	<b>91</b>

Fonte: (Autor, 2023). Em que: Q1= Quintal agroflorestal 1; Q2= Quintal agroflorestal 2; Q3= Quintal agroflorestal 3; Q4= Quintal agroflorestal 4; Q5= Quintal agroflorestal 5; Q6= Quintal agroflorestal 6; Área A= Júlio de Castilhos, RS; Área B= Piratini, RS.

Tabela S4- Valores médios dos atributos físicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Júlio de Castilhos, bioma Pampa, Sul do Brasil.

SISTEMAS	ATRIBUTOS FÍSICOS			
	Ds (g/cm <sup>3</sup> )	Micro (%)	Macro (%)	Pt (%)
<b>L1</b>	1,453	29,583	14,290	43,877
<b>L2</b>	1,633	30,507	6,787	37,293
<b>L3</b>	1,657	34,820	8,347	43,167
<b>L4</b>	1,467	30,163	7,020	37,187
<b>L5</b>	1,317	36,090	13,280	49,373
<b>L6</b>	1,570	30,807	6,007	36,813
<b>Mata</b>	1,420	36,523	13,137	49,660
<b>Q1</b>	1,550	22,757	18,150	40,907
<b>Q2</b>	1,570	33,393	8,680	42,073
<b>Q3</b>	1,433	37,917	12,063	49,980
<b>Q4</b>	1,390	29,777	16,883	46,663
<b>Q5</b>	1,360	32,393	13,167	45,563
<b>Q6</b>	1,627	25,720	10,647	36,370

Fonte: (Autor, 2023). Em que: Ds (g/cm<sup>3</sup>)= densidade do solo; Micro (%)= microporosidade; Macro (%)= macroporosidade; Pt (%)= porosidade total; L1= Lavoura 1; L2= Lavoura 2; L3= Lavoura 3; L4= Lavoura 4; L5= Lavoura 5; L6= Lavoura 6; Mata= Mata nativa; Q1= Quintal agroflorestal 1; Q2= Quintal agroflorestal 2; Q3= Quintal agroflorestal 3; Q4= Quintal agroflorestal 4; Q5= Quintal agroflorestal 5; Q6= Quintal agroflorestal 6.

Tabela S5- Valores médios dos atributos químicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Júlio de Castilhos, bioma Pampa, Sul do Brasil.

SISTEMAS	ATRIBUTOS QUÍMICOS																	
	N (%)	C (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K (mg/dm <sup>3</sup> )	MO (%)	Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	CTCef (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	CTCph7 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	V (%)	M (%)	Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	S (mg/dm <sup>3</sup> )	B (mg/dm <sup>3</sup> )
L1	0,066	4,583	0,719	18,250	55,333	1,217	0,917	1,200	0,567	5,533	2,817	7,433	28,333	32,617	1,228	0,905	9,967	0,880
L2	0,098	4,833	1,023	7,283	27,333	1,333	0,517	2,150	1,100	5,433	3,867	8,767	39,717	13,750	1,525	1,517	9,317	0,808
L3	0,100	4,917	1,131	9,267	31,333	2,150	0,617	2,867	1,550	7,317	5,150	11,817	39,183	12,900	1,860	3,173	11,450	0,892
L4	0,094	5,050	1,143	24,717	25,333	2,033	0,517	1,500	0,467	4,167	2,567	6,183	32,967	26,500	1,150	0,413	9,250	0,610
L5	0,109	5,400	1,259	8,550	138,000	1,950	0,233	2,917	1,900	4,233	5,383	9,383	55,200	6,550	1,622	1,348	12,067	0,805
L6	0,063	5,550	0,666	15,533	50,000	1,167	0,083	3,067	1,150	2,433	4,417	6,708	63,583	2,167	1,195	0,912	12,400	0,760
Mata	0,150	5,483	1,428	4,950	120,000	2,633	0,083	3,650	1,150	3,383	5,167	8,467	56,200	3,567	5,368	2,140	13,700	0,775
Q1	0,077	4,750	0,824	6,983	67,333	1,617	0,500	1,617	0,733	4,550	3,033	7,083	36,250	16,733	1,897	1,902	7,317	0,647
Q2	0,134	5,750	1,524	88,600	151,333	2,617	0,083	6,467	1,500	3,350	8,400	11,683	69,967	1,033	14,067	3,473	13,217	0,627
Q3	0,105	4,867	1,204	2,333	43,333	2,267	0,617	2,650	1,517	7,200	4,850	11,450	38,017	12,217	1,660	4,522	12,733	0,890
Q4	0,077	4,583	0,865	14,733	68,667	1,350	1,267	1,250	0,700	8,233	3,400	10,367	24,900	35,933	1,620	1,218	10,667	0,665
Q5	0,095	5,667	0,982	54,700	63,333	1,350	0,017	3,233	0,967	2,483	4,367	6,833	63,050	0,700	4,750	1,343	7,517	0,720
Q6	0,102	4,733	1,258	140,833	125,333	2,017	0,500	3,167	0,933	6,200	4,950	10,650	42,983	12,483	7,963	1,528	15,233	0,682

Fonte: (Autor, 2023). Em que: N (%)= nitrogênio; C (%)= carbono; pH (H<sub>2</sub>O); P (mg/dm<sup>3</sup>)= fósforo; K (mg/dm<sup>3</sup>)= potássio; MO (%)= matéria orgânica; Al (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= alumínio; Ca (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= cálcio; Mg (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= magnésio; H+Al (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= acidez potencial; CTC efe (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= Capacidade de Troca de Cátions efetiva; CTC pH7 (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>)= Capacidade de Troca de Cátions a pH7; V (%)= saturação de bases; m (%)= saturação por alumínio; Zn (mg/dm<sup>-3</sup>)= zinco; Cu (mg/dm<sup>-3</sup>)= cobre; S(mg/dm<sup>-3</sup>)= enxofre; B (mg/dm<sup>-3</sup>)= boro; L1= Lavoura 1; L2= Lavoura 2; L3= Lavoura 3; L4= Lavoura 4; L5= Lavoura 5; L6= Lavoura 6; Mata= Mata nativa; Q1= Quintal agroflorestal 1; Q2= Quintal agroflorestal 2; Q3= Quintal agroflorestal 3; Q4= Quintal agroflorestal 4; Q5= Quintal agroflorestal 5; Q6= Quintal agroflorestal 6.

Tabela S6- Valores médios dos atributos físicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Piratini, bioma Pampa, Sul do Brasil.

SISTEMAS	ATRIBUTOS FÍSICOS			
	Ds (g/cm <sup>-3</sup> )	Micro (%)	Macro (%)	Pt (%)
<b>L1</b>	1,518	31,580	16,895	48,475
<b>L2</b>	1,386	30,827	18,708	49,535
<b>L3</b>	1,420	26,225	19,580	45,805
<b>L4</b>	1,286	26,294	23,771	50,065
<b>L5</b>	1,366	25,008	25,019	50,027
<b>L6</b>	1,297	26,686	23,271	49,958
<b>Mata</b>	1,283	41,030	12,613	53,643
<b>Q1</b>	1,476	30,605	13,464	44,069
<b>Q2</b>	1,265	28,373	25,753	54,126
<b>Q3</b>	1,243	27,635	24,566	52,201
<b>Q4</b>	1,202	24,762	25,837	50,599
<b>Q5</b>	1,298	26,725	24,627	51,352
<b>Q6</b>	1,306	32,199	20,463	52,662

Fonte: (Autor, 2023). Em que: Ds (g/cm<sup>3</sup>)= densidade do solo; Micro (%)= microporosidade; Macro (%)= macroporosidade; Pt (%)= porosidade total; L1= Lavoura 1; L2= Lavoura 2; L3= Lavoura 3; L4= Lavoura 4; L5= Lavoura 5; L6= Lavoura 6; Mata= Mata nativa; Q1= Quintal agroflorestal 1; Q2= Quintal agroflorestal 2; Q3= Quintal agroflorestal 3; Q4= Quintal agroflorestal 4; Q5= Quintal agroflorestal 5; Q6= Quintal agroflorestal 6.

Tabela S7- Valores médios dos atributos químicos do solo avaliados em quintais agroflorestais, lavouras e mata nativa nos assentamentos da reforma agrária no município de Piratini, bioma Pampa, Sul do Brasil.

SISTEMAS	ATRIBUTOS QUÍMICOS																	
	N (%)	C (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K (mg/dm <sup>3</sup> )	MO (%)	Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	CTCef (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	CTCpH7 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	V (%)	M (%)	Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	S (mg/dm <sup>3</sup> )	B (mg/dm <sup>3</sup> )
<b>L1</b>	0,125	1,676	5,433	6,333	81,333	3,017	0,050	6,902	2,308	4,483	9,467	13,883	68,367	0,517	2,795	3,102	6,217	0,770
<b>L2</b>	0,126	1,514	4,783	8,850	88,333	2,683	0,533	3,955	1,048	7,033	5,783	12,283	42,767	10,083	3,152	1,148	13,950	0,638
<b>L3</b>	0,149	1,808	4,633	8,367	137,333	2,783	0,650	3,669	0,902	6,833	5,567	11,750	42,950	12,083	2,613	1,250	17,367	0,783
<b>L4</b>	0,144	1,714	4,783	3,067	69,333	2,783	0,767	3,257	1,154	10,783	5,367	15,383	31,617	14,717	2,917	1,608	16,467	0,678
<b>L5</b>	0,143	1,855	5,450	26,083	82,000	3,483	0,083	6,362	2,133	4,283	8,800	13,000	66,733	1,133	2,353	0,887	8,500	0,618
<b>L6</b>	0,136	1,681	5,650	71,150	134,000	3,500	0,033	7,401	2,357	3,333	10,133	13,433	75,000	0,433	5,385	0,693	8,500	0,678
<b>Mata</b>	0,386	4,567	4,733	9,383	224,000	5,350	0,850	7,167	2,717	15,000	11,333	25,450	43,500	9,233	2,680	3,680	20,850	1,552
<b>Q1</b>	0,182	2,102	5,267	29,483	168,667	3,617	0,117	5,837	1,733	4,783	8,133	12,800	62,833	1,450	3,300	0,883	8,250	0,867
<b>Q2</b>	0,175	2,038	4,933	13,217	123,000	2,517	0,600	3,655	1,255	7,300	5,833	12,533	44,817	10,817	2,937	0,997	8,733	0,667
<b>Q3</b>	0,190	2,078	5,067	7,483	212,000	3,417	0,433	4,046	1,448	6,317	6,467	12,350	48,717	7,067	4,122	1,453	11,967	0,713
<b>Q4</b>	0,147	1,805	4,467	6,100	107,000	3,483	2,667	2,205	1,011	15,383	6,167	18,883	19,167	43,317	1,993	1,170	14,833	0,565
<b>Q5</b>	0,257	3,241	5,283	26,033	162,667	3,733	0,133	6,012	1,774	5,033	8,317	13,217	62,367	1,617	3,980	0,963	9,200	0,885
<b>Q6</b>	0,172	1,788	5,267	7,750	129,333	3,567	0,367	5,425	2,118	5,517	8,250	13,400	58,750	4,667	3,333	1,338	13,283	0,593

Fonte: (Autor, 2023). Em que: N (%)= nitrogênio; C (%)= carbono; pH (H<sub>2</sub>O); P (mg/dm<sup>3</sup>)= fósforo; K (mg/dm<sup>3</sup>)= potássio; MO (%)= matéria orgânica; Al (cmol<sub>c</sub>dm<sup>3</sup>)= alumínio; Ca (cmol<sub>c</sub>dm<sup>3</sup>)= cálcio; Mg (cmol<sub>c</sub>dm<sup>3</sup>)= magnésio; H+Al (cmol<sub>c</sub>dm<sup>3</sup>)= acidez potencial; CTC efe (cmol<sub>c</sub>dm<sup>3</sup>)= Capacidade de Troca de Cátions efetiva; CTC pH7 (cmol<sub>c</sub>dm<sup>3</sup>)= Capacidade de Troca de Cátions a pH7; V (%)= saturação de bases; m (%)= saturação por alumínio; Zn (mg/dm<sup>3</sup>)= zinco; Cu (mg/dm<sup>3</sup>)= cobre; S(mg/dm<sup>3</sup>)= enxofre; B (mg/dm<sup>3</sup>)= boro; L1= Lavoura 1; L2= Lavoura 2; L3= Lavoura 3; L4= Lavoura 4; L5= Lavoura 5; L6= Lavoura 6; Mata= Mata nativa; Q1= Quintal agroflorestal 1; Q2= Quintal agroflorestal 2; Q3= Quintal agroflorestal 3; Q4= Quintal agroflorestal 4; Q5= Quintal agroflorestal 5; Q6= Quintal agroflorestal.

**APÊNDICE C – MEMORIAL DE FOTOS DOS QUINTAIS AGROFLORESTAIS  
ESTUDADOS NOS ASSENTAMENTOS DA REFORMA AGRÁRIA NOS  
MUNICÍPIOS DE PIRATINI E JÚLIO DE CASTILHOS, SUL DO BRASIL, BIOMA  
PAMPA.**

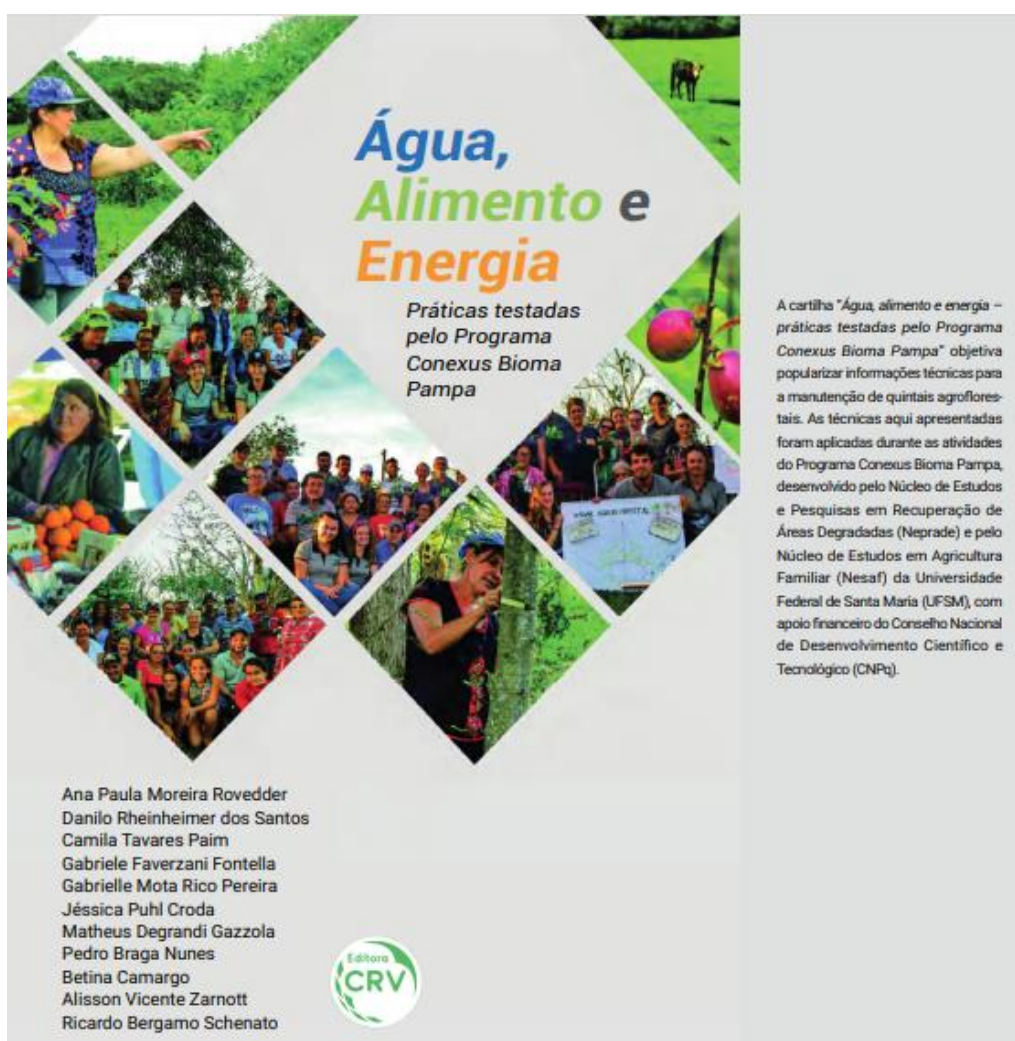
Quintais agroflorestais nos assentamentos da reforma agrária no município de Piratini, RS



Quintais agroflorestais nos assentamentos da reforma agrária no município de Júlio de Castilhos, RS



## ANEXO A - CARTILHA ÁGUA, ALIMENTO E ENERGIA - PRÁTICAS TESTADAS PELO PROGRAMA CONEXUS BIOMA PAMPA



Fonte: (ROVEDDER et al., 2021).